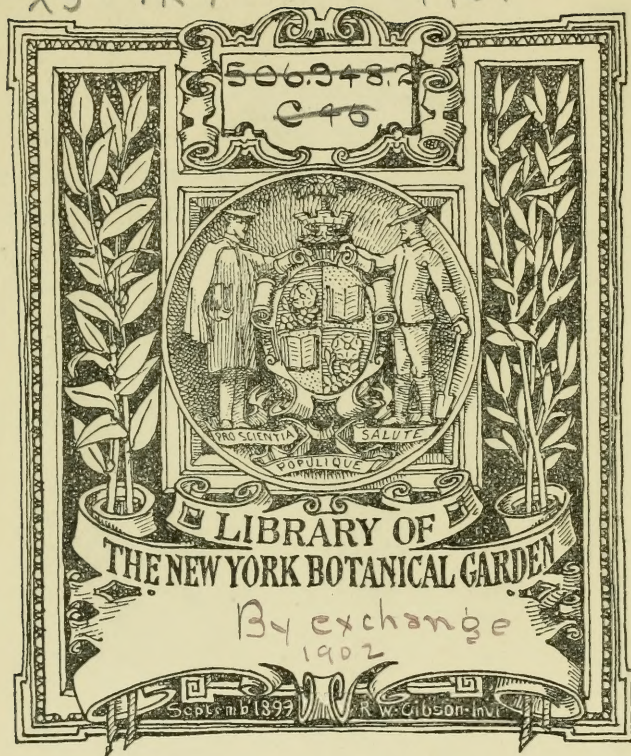
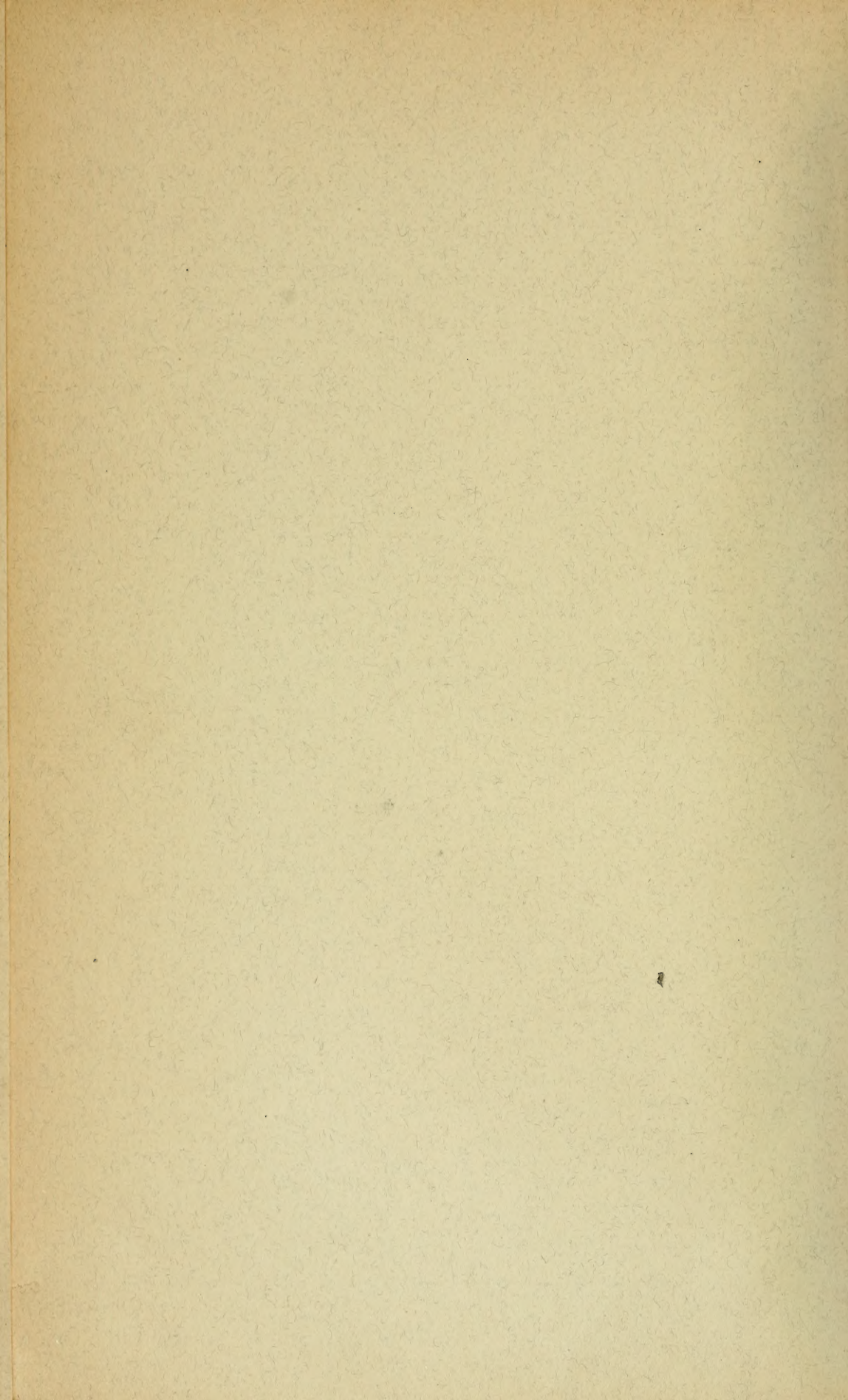




XS .K7

1901





Skrifter

udgivne af

Videnskabselskabet i Christiania

1901

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

I. Mathematisk-naturvidenskabelig Klasse



Christiania

I Kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers Bogtrykkeri

1902

XS
K7
1901

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Indhold.

	Side
No. 1. Kr. Birkeland. Expédition Norvégienne de 1899—1900 pour l'étude des aurores boréales. Résultats des recherches magnétiques. (Med 1 fotogravure, 16 figurer i texten og 12 plancher)	1—81
No. 2. Gustav Guldberg. Anatomisk-anthropologiske undersøgelser af de lange extremitetknokler fra Norges befolkning i oldtid og middelalder. I. Undersøgelsesmetoderne, laarbenene og legemshøiden	1—67
No. 3. J. Alfred Mjøen. Über die chemische Zusammensetzung des Norwegischen Holzteers	1—44
No. 4. Andreas Holmsen. Isforholdene ved de norske indsjøer. (Med 12 plancher og Résumé français)	1—271
No. 5. C. F. Larsen. Norske Kranietyper. Efter Studier i Universitetets anatomiske Instituts Kraniesamling. (Med 5 Plancher).	1—53

AUG 15 1902

Expédition Norvégienne de 1899—1900

pour l'étude des aurores boréales

Résultats des recherches magnétiques

par

Kr. Birkeland

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturvidenskabelig Klasse. 1901. No. 1.

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Christiania

En commission chez Jacob Dybwad

A. W. Brøgger, Imprimeur

1901

Présenté à la séance du 23 novembre 1900.



EXPEDITION NORVEGIENNE 1899-1900

POUR L'ETUDE DES AURORES BOREALES
RESULTATS DES RECHERCHES MAGNETIQUES.

PAR

KR. BIRKELAND.



LES PETITS OBSERVATOIRES DE HALDDE

D'APRES E. BOYE.



Edgar Boyd

UNITED STATES NAVY, 1894-1895

Table des matières.

	Page
Petites variations magnétiques simultanées à Bossekop et à Potsdam	5
Ondes magnétiques	7
Courants électriques dans les couches supérieures de l'atmosphère	15
Mouvement de translation des lignes de courants	50
Sur un globe magnétique tournant dans un faisceau de rayons cathodiques . . .	52
Les aurores polaires.	47
Bandes aurorales artificielles	54
Sur la formation des nuages supérieurs	75

Sur quelques phénomènes de magnétisme terrestre dus à l'action des courants électriques.

L'état norvégien a généreusement accordé les ressources nécessaires pour construire deux petits observatoires pour l'étude des aurores boréales sur la montagne de Haldde près de Bossekop, à 1000 m. environ au-dessus du niveau de la mer.

Pendant l'hiver 1899—1900 il y fut envoyé sous ma direction une expédition chargée de faire des observations sur l'électricité atmosphérique, et devant en outre faire des observations magnétiques et météorologiques, en même temps qu'elle devait observer les aurores boréales. En dehors de moi, l'expédition comprenait les membres suivants : M. S. *Sæland*, attaché au laboratoire de physique de l'Université de Christiania, M. E. *Boye*, mon excellent assistant, étudiant ès-sciences, victime d'un si cruel accident dans lequel deux personnes furent ensevelies sous une avalanche aux dernières heures de notre séjour dans la montagne, et M. K. *Knudsen*, ingénieur des télégraphes.

La première partie du présent rapport contiendra la description de variations de faible intensité et de courte période, d'un caractère plus au moins oscillatoire, de la déclinaison et des composantes magnétiques, variations qui, dans des journées magnétiquement tranquilles, ont été observées simultanément à Bossekop et à Potsdam. Je mentionne ensuite certaines ondulations très-régulières et très-persistantes, et de périodes différentes, de l'intensité horizontale et de la déclinaison, ondulations qui se présentent parfois d'une façon extrêmement nette dans les régions polaires.

La plupart de ces résultats ont été obtenus à l'aide d'appareils de variations très-déliçats construits sur les indications de M. Eschenhagen, en combinaison avec des enregistreurs à marche rapide.

La seconde et principale partie du rapport rend compte d'une connexion intime qui a été constatée entre les fortes variations de l'intensité horizontale et de la déclinaison, semblables entre elles aux latitudes moyennes du globe, et les perturbations simultanées du même genre des trois éléments, et plus spécialement de l'intensité verticale, dans les régions polaires.

Il semble ressortir de la discussion de nos résultats que ces perturbations magnétiques et les aurores boréales sont des phénomènes secondaires et locaux se rattachant à un même phénomène cosmique. Ce phénomène primaire consiste, à n'en pas douter, en des courants électriques dans les couches supérieures de l'atmosphère; dans les régions polaires, où ils paraissent avoir leur point de départ, ces courants sont assez bien délimités et concentrés. Les courants passent en moyenne à une hauteur de 100 km, environ au-dessus de la surface terrestre et ils peuvent y atteindre au cours de fortes perturbations magnétiques, une intensité totale dépassant 400 000 ampères.

Mais, à mesure que le courant chemine vers le Sud, il se disperse et se partage, la partie orientale déviant fortement vers l'Est, tandis que la partie occidentale dévie vers l'Ouest.

Toutefois, ces deux branches semblent faire, retour vers le pôle par deux chemins différents, donnant ainsi lieu à deux tourbillons de courants, tournant en sens contraire.

On réussit à constater que de pareils courants ne participent pas à la rotation diurne de la Terre; sauf certains changements périodiques de direction probablement assez brusques, ils semblent en général conserver, de mois en mois, une position relativement fixe dans l'espace.

Ces résultats sont tirés de nos propres observations combinées avec d'autres observations correspondantes et simultanées, mises gracieusement à ma disposition par les observatoires de Pawlowsk, Copenhague, Potsdam, Paris, Greenwich et Toronto, mais aussi des observations à jours termes faites au cours des expéditions polaires de 1882—83.

I.

Petites variations magnétiques simultanées à Bossekop et à Potsdam. Ondes magnétiques.

1. Pour mettre en évidence l'existence de vibrations rapides dans l'intensité horizontale, M. Eschenhagen a, comme on le sait, installé à l'Observatoire de Potsdam des unifilaires à haute sensibilité, où l'aiguille magnétique est suspendue par un fil de quartz très-ténu. Les ordonnées de la courbe de l'enregistreur correspondent à une variation de 4. 10⁻⁶ C. G. S par millimètre pour la composante horizontale, et le papier photographique parcourt 24 cm. par heure.

Avec un appareil aussi sensible, les courbes ont montré des oscillations rapides de faible amplitude dont la période est généralement d'environ trente secondes, mais on en a observé quelquefois de plus courtes. Un autre fait remarquable est l'apparition de groupes d'ondulations plus larges, analogues aux battements de l'acoustique, trahissant l'existence de deux espèces de vibrations, de périodes peu différentes, par exemple dans le rapport de quatre à cinq.

Dans l'espoir de pénétrer plus à fond dans ces phénomènes si intéressants découverts par M. Eschenhagen, en les étudiant dans les régions polaires, je me décidai à acquérir pour notre expédition un déclinomètre et un variomètre pour la composante horizontale semblables de tout point aux appareils installés à Potsdam et dûs au même constructeur, M. Toepfer de la même ville.

L'enregistreur employé se compose principalement d'un gros cylindre de 50 cm. de circonférence, qui porte la feuille photographique et fait une révolution suivant qu'il est nécessaire, soit en 24 heures, soit en 2 heures.

Sur cette feuille tournante, deux points lumineux tracent des courbes : d'abord un point fixe s'évanouissant quelques secondes à intervalles égaux pour indiquer les heures sur les feuilles — et en second lieu un point mobile indiquant les variations de l'aiguille du magnétomètre.

A notre station de Haldde, nous avons enregistré avec ces appareils très sensibles les variations de la déclinaison et de l'intensité horizontale tous les jours pendant plus de trois mois de l'hiver passé. Parmi les photogrammes obtenus, j'en discuterai d'abord quelques-uns provenant d'enregistrements spéciaux à grande vitesse faits simultanément par suite d'une entente spéciale à Potsdam et chez nous entre le 27 février et le 21 mars 1900.

2. Parmi les courbes de ces trois semaines, il s'en trouve plusieurs représentant les variations de la *déclinaison* aux deux endroits, et qui contiennent des parties pour ainsi dire identiques au point de vue des petites perturbations. Cette identité s'étend une fois même à toute une période d'enregistrement de deux heures.

C'est dans la nuit que nous avons obtenu ces courbes se rapportant aux heures magnétiquement peu agitées succédant à l'extinction des lueurs aurorales.

La fig. 1, pl. I, reproduit sans aucune retouche, d'après les photographies, les portions correspondantes des photogrammes représentant la déclinaison à Haldde et à Potsdam à peu près de 0^h 40^m à 1^h 33^m (heure de Gr.) la nuit du 3 mars; la fig. 2, même planche, les portions correspondantes de 0^h 33^m à 1^h 27^m, la nuit du 4 mars.

On observe ici une similitude parfaite dans les moindres traits de ces courbes, leurs petites oscillations sont toujours identiques et les écarts des aiguilles magnétiques vont toujours dans le même sens, vers l'Ouest ou vers l'Est.

La sensibilité des appareils était telle que 1 millimètre de différence dans les ordonnées correspondait à une différence de déclinaison de 0'46 à Haldde et de 1' à Potsdam.

On se demande donc tout de suite si ces petites perturbations ont apparu simultanément aux deux stations distantes de 2000 km. environ, ou bien si l'on peut constater entre elles une différence de temps appréciable.

Pour avoir une réponse aussi précise que possible à cette question, nous avons, à notre petit observatoire de Haldde, noté les temps de disparition du point lumineux fixe de l'enregistreur toutes les 15 minutes d'après un chronomètre contrôlé deux fois par semaine par des signaux télégraphiques venant directement de l'observatoire de Christiania.

Nous croyons donc pouvoir garantir à 5 secondes près les diverses indications de nos planches, qui souffrent il va sans dire d'un manque de justesse soit en raison de la marche non uniforme du cylindre enregis-

treur, soit par suite des dilatations inégales des feuilles photographiques lors de leur traitement dans le bain de développement.

D'autre part, à Potsdam, les courbes correspondantes n'ont, pendant la nuit, que trois indications de temps, contrôlées directement par un chronomètre, les marques y étant mises automatiquement au commencement, au milieu et à la fin de chaque enregistrement pendant deux heures.

Le malheur a voulu que sur plusieurs des feuilles dont nous pouvons tenir un compte utile, il n'y ait qu'une seule de ces marques contrôlées qui soit nette et bien visible.

Donc en comparant les deux séries de diagrammes, nous ne pouvons pas en garantir à 5 secondes près les diverses indications. Mais je crois qu'en général nous pourrions les garantir à 10 secondes près.

Maintenant pour les 44 petites perturbations rapides dans la déclinaison que j'ai trouvées faciles à identifier, les mesures de leurs positions relatives dans les deux séries de diagrammes indiquent des différences dans le temps d'apparition aux deux endroits comprises entre ± 18 secondes, mais dans 38 cas pourtant entre ± 10 secondes seulement.

Le signe $+$ signifie que la perturbation a eu lieu à Potsdam plus tôt qu'à Bossekop. Pour l'ensemble des 44 cas, la différence moyenne est de 1 seconde.

Il est donc clair que les différences de temps en question sont trop petites pour se laisser mesurer exactement à l'aide de nos courbes. Cependant, il semble bien ressortir déjà de nos mesures que les perturbations magnétiques dont il s'agit doivent leur origine à des courants électriques variables, et s'il en est ainsi, on n'arrivera certainement pas à mesurer la vitesse de propagation des perturbations même avec nos méthodes les plus exactes d'enregistrement.

3. Si nous passons aux courbes représentant les variations simultanées de *l'intensité horizontale* à notre station et à Potsdam, nous constatons bien vite qu'il n'est pas à beaucoup près aussi facile d'y trouver des parties semblables que pour les courbes correspondantes de déclinaison. Il en existe cependant quelques-unes, mais sur celles-ci une diminution de l'intensité à Haldde correspond très-souvent à une augmentation de l'intensité à Potsdam et vice versa.

C'est ce qui semble surtout arriver quand les perturbations semblables se laissent constater simultanément aux deux stations, soit dans l'intensité horizontale, soit dans la déclinaison. Dans ce dernier cas, le plus simple est de supposer les perturbations magnétiques produites par des courants alternatifs cheminant au-dessus des deux stations suivant une trajectoire de courbure simple, sans inflexions.

Toutefois, il convient d'y insister, nos courbes montrent que même dans le cas d'un parallélisme parfait entre les perturbations de la déclinaison aux deux endroits, il arrive

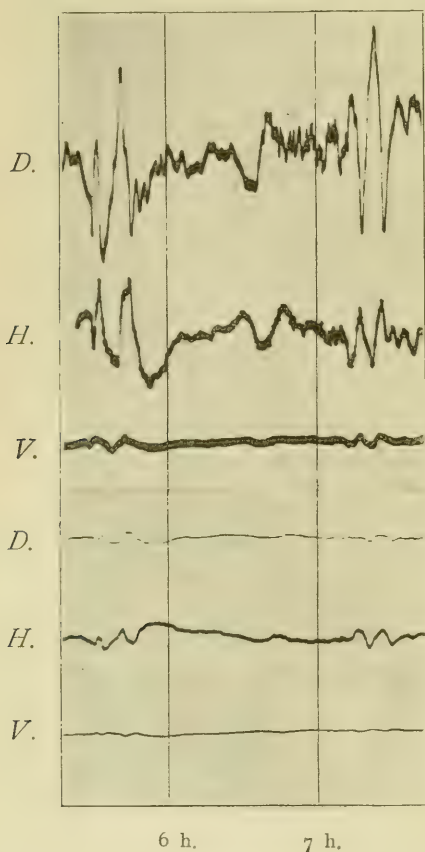


Fig. 1.

sensibilité était la suivante : 1 mm. des ordonnées correspondait

	<i>D.</i>	<i>H.</i>	<i>V.</i>
à Haldde . . . à 0'46		75.10^{-7}	122.10^{-6}
à Potsdam . . . à 1'		325.10^{-7}	29.10^{-6}

La déclinaison augmente vers l'Ouest, lorsque les ordonnées vont en augmentant; de même les intensités vont en croissant avec les ordonnées sauf pour l'intensité horizontale à Haldde, où elle va en diminuant lorsque les ordonnées augmentent.

4. On n'a, autant que je sache, jamais constaté une similitude et une simultanéité aussi parfaites des petites variations rapides dans les éléments magnétiques sur deux points à beaucoup près si éloignés que Bossekop et Potsdam.

souvent que ces variations de la déclinaison sont accompagnées d'oscillations simultanées de l'intensité horizontale ayant une toute autre période.

En ce qui concerne la différence du temps d'apparition entre les perturbations semblables dans l'intensité horizontale à Haldde et à Potsdam, il paraît clairement qu'elle ne se laisse pas plus que les perturbations de la déclinaison mesurer avec la précision d'enregistrement dont nous disposons. Sur 21 mesures que j'ai faites sur nos planches, je trouve des différences comprises entre -2 sec. et $+15$ sec. En moyenne la différence est de $+7$ sec.

La figure 1 ci-jointe rend compte d'un cas intéressant de perturbation simultanée des trois éléments à Haldde et à Potsdam, le 24 février vers 6h 30 du matin, temps de Greenwich. L'enregistrement était à mouvement lent, à 24h par révolution du cylindre. La

Nous discuterons plus tard la cause probable de cet accord, mais nous ferons remarquer dès maintenant que ces petites perturbations sont certainement en rapport intime avec les grands troubles magnétiques qui se manifestent généralement aux mêmes époques approximatives sur toute la surface du globe, mais avec de grandes divergences dans la grandeur des effets et quelquefois même avec un changement de sens d'un hémisphère à l'autre. En comparant les troubles observés de 1882 à 1889 dans les stations de Greenwich, Pawlowsk, Toronto, l'Île Maurice, Zi-Ka-Wei, Melbourne et le Cap Horn, M. Ellis¹ conclut que les débuts du phénomène sont pratiquement simultanés, eu égard au degré d'approximation que comportaient les enregistreurs, et qu'il en est sans doute de même pour toute la surface du globe. Sur dix-sept jours choisis comme correspondants aux résultats les plus complets, l'écart moyen des heures est compris entre $\pm 3'$. Comme nous verrons plus tard ces résultats ne peuvent pas être acceptés sans une certaine réserve.

5. Ondes magnétiques. Je vais maintenant mentionner quelques cas d'oscillations magnétiques très-régulières et d'une persistance relativement très grande, que nous avons observées à notre station de Haldde. tant dans la déclinaison que dans l'intensité.

On trouvera par exemple reproduits dans les figures deux cas différents de ces oscillations observés l'un (fig. 2) le 20 mars vers 22^h 51^m, heure de Greenwich, avec une période de 62 secondes et l'autre (fig. 3) le 19 mars vers 11^h 27^m avec une période d'environ 130 secondes.

La première série d'ondes se rapporte à l'intensité horizontale enregistrée à grande vitesse, la seconde se rapporte à la déclinaison enregistrée à petite vitesse. Ces figures sont une reproduction photographique des courbes originales dans le rapport de 4 à 3 et chaque millimètre dans les ordon-

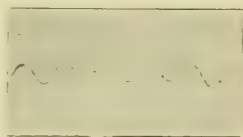


Fig. 2.



Fig. 3.

nées correspond ici à 41.10^{-7} C. G. S. dans la figure 2 et à 0.34 dans la figure 3.

D'autres longueurs d'ondes ont aussi été observées à notre station de Haldde.

Ces ondes que nous avons vues si régulièrement développées à notre station sont évidemment analogues à celles découvertes par M. Eschenhagen à Potsdam, seulement chez lui la période d'onde tourne autour de 30 secondes.

¹ W. Ellis, Proc. of the R. Soc., Vol. 52, p. 191, 1892.

A l'observatoire magnétique de Potsdam, que je viens d'aller voir, on a eu l'obligeance de mettre à ma disposition tous les riches matériaux d'enregistrement à grande vitesse qui y sont déposés, afin que je pusse voir si je retrouverais là des longueurs d'ondes correspondantes à celles que nous avons trouvées à Haldde. J'ai donc fait un très grand nombre de mesures des périodes d'ondes à l'aide de ces matériaux. Seulement à Potsdam les ondes magnétiques ne paraissent jamais être si nettes et si persistantes que je les ai trouvées plusieurs fois à Haldde pendant 3 semaines, et même dans le cas où elles sont assez nettes, les ondes de Potsdam ne font pas l'impression d'être des ondes simples. Pour cette raison, plusieurs des valeurs obtenues pour la période d'onde moyenne dans les 112 cas où j'ai crû pouvoir faire une mesure ne méritent qu'une confiance limitée.

6. Voici les résultats de ces mesures :

Dates	Nombre d'ondes	Périodes T en secondes	Dates	Nombre d'ondes	Périodes T en secondes
1898			1898		
31 mai	13	35.9	17 décembre	25	30.7
31 «	9	35.8	17 «	10 nettes	30.6
31 «	6 régulières	41.9	17 «	15	29.1
13 juin	22	34.5	20 «	14	29.1
16 août	6 peu nettes	81.0	29 «	8	34.4
18 «	20 — « —	15.4	sans date	13	34.2
18 «	4 régulières	22.5			
19 «	9	28.6			
19 «	5	30.6			
19 «	2 régulières	27.0	1899		
19 «	3 —	35.0	2 janvier	2	33.7
20 «	3 —	29.0	2 «	8	37.5
8 septbre	17 —	36.4	18 «	6	33.5
8 «	5 —	32.1	20 «	4	30.8
15 «	16	36.6	16 février	13	34.1
15 «	23	28.8	16 «	9	29.3
15 «	4 régulières	33.0	16 «	3	ca. 11.0
15 «	7	28.3	16 «	6 grandes	35.6
6 octobre	10	29.7	16 «	6 faibles	32.5
1 novbre	4	64.4	17 «	7	10.9
2 «	14	27.5	17 «	5	11.2
15 «	12	38.9	17 «	13	11.2
17 «	27 peu nettes	12.7	17 «	4	49.5
18 «	13 régulières	32.8	17 «	4	28.6
18 «	5	36.0	20 «	3	40.1
18 «	4	36.5	20 «	5	31.4
18 «	12	32.6	10 avril	4	11.0
19 «	10 régulières	33.2	17 «	7	12.0
19 «	10 —	32.8	17 «	7 peu nettes	33.2
22 «	11 mélangées	17.6	17 «	11	35.4

Dates	Nombre d'ondes	Périodes T en secondes	Dates	Nombre d'ondes	Périodes T en secondes
1899			1900		
12 mai	4	40.7	2 mars	9 régulières	10.3
12 «	5 pures	32.1	10 «	23	8.9
12 «	5	33.6	11 «	34	8.4
1 juin	6	27.0	12 «	20	8.6
4 août	8 inégales	35.2	12 «	23	8.2
4 «	5 —	32.8	12 «	33	7.9
7 «	14 —	36.1	13 «	8	7.9
29 «	10 imparfaites	14.4	14 «	10	9.0
8 septbre	14 inégales	14.4	14 «	10	9.3
8 «	10 régulières	30.2	14 «	12	7.8
30 «	7	43.3	14 «	12	8.5
7 octobre	7	36.4	15 «	14	9.1
7 «	3 régulières	33.0	15 «	18	8.8
7 «	9	35.3	15 «	20	8.5
7 «	42	34.6	15 «	22	8.0
19 «	6	77.4	1 avril	9	62.2
26 «	16 peu nettes	39.2	2 «	5	49.2
27 «	18 —	35.2	21 «	8	93.8
1 novbre	17	30.3	8 mai	3	96.0
15 «	20	14.7	19 «	7	95.4
14 décbre	10	43.9	19 «	6 faibles	28.0
20 «	8	39.4			
21 «	11	40.2			
1900			à Bossekop.		
			1900		
2 janvier	7 peu nettes	43.6	15 mars	32	94.8
26 «	10	26.6	15 «	20	95.4
17 février	19	12.0	17 «	30	108.0
17 «	10	11.6	17 «	83 faibles	99.1
25 «	5	106.5	19 «	24	129.8
25 «	3 peu nettes	125.0	20 «	6	62.0

7. J'ai rangé graphiquement (fig. 3, pl. I) les résultats dans l'espoir que les valeurs des différentes périodes se grouperaient *nettement* autour de certaines valeurs fixes. Cet espoir a été déçu.

D'un autre côté il est évident que les différentes périodes ne revêtent pas des valeurs arbitraires : il existe indubitablement un mode ou l'autre de groupement.

Il semble bien qu'il existe une période d'à peu près 8 secondes, une de 11 secondes, peut-être aussi une de 15 secondes, etc.

On retrouve facilement les ondes de M. Eschenhagen avec une période d'à-peu-près 30 secondes. En mesurant sur les planches la lon-

gueur de ces ondes j'ai gardé l'impression qu'il y a presque toujours deux ou plusieurs ondes à périodes voisines s'accompagnant l'une l'autre. Chez nous, sur la montagne de Haldde, nous n'avons pas encore vu ces ondes d'une période de 30 secondes se manifester bien nettement.

Les oscillations magnétiques dont nous venons de parler sont certainement dues à des courants électriques alternatifs, soit telluriques soit atmosphériques. Nous verrons tout à l'heure combien il est probable qu'ils sont dûs à des courants de cette espèce circulant dans l'atmosphère.

On peut dire que ces petites oscillations manifestent une tendance au groupement qui, si faible qu'elle soit, n'en est pas moins du plus grand intérêt.

Il serait très important de reconnaître si ces oscillations sont peut-être dues à des vibrations électriques propres à la sphère terrestre, ou si elles sont imposées à la Terre du dehors, et sont d'origine solaire, ou bien encore si elles sont dues à des décharges locales.

Dans le premier cas, les périodes des ondes doivent être fixes et se retrouver d'un enregistrement à l'autre et aux différents endroits de la Terre, sauf toutefois sur quelques lignes nodales. Dans le second cas aussi, les périodes des oscillations pourraient peut-être se retrouver d'une façon analogue. Dans le dernier cas au contraire, il semble plus naturel que les périodes prennent toutes les valeurs possibles en deçà d'une certaine limite.

Il est évident que des enregistrements de précision dans les régions polaires seraient d'une haute importance pour décider la question de savoir si ces oscillations se grouperaient peut-être d'une façon parfaitement nette dans une certaine série d'harmoniques; car à ces hautes latitudes, les oscillations sont sans doute plus fréquentes, plus régulières et plus persistantes que partout ailleurs.

Il est clair que c'est seulement par une longue série de mesures exactes qu'on pourra arriver à une certitude sur ce point, car si on a en effet affaire à des oscillations harmoniques, elles sont certainement d'ordre élevé, ce qui rend leur constatation d'autant plus difficile.

8. Au cours des enregistrements magnétiques à grande vitesse rapportés ci-dessus et effectués entre le 27 février et le 21 mars 1900 sur la montagne de Haldde, nous avons toujours cherché à enregistrer d'une même manière l'électricité atmosphérique, dans l'espoir de réussir peut-être à décider si les ondulations magnétiques en question ne seraient pas accompagnées d'ondes électriques correspondantes.

Nous avons eu recours pour cela à un électromètre d'Elster et Geitel disposé pour l'enregistrement photographique par le constructeur Günther de Brunswick.

Grâce à certaines modifications introduites plus tard par nous, cet appareil travailla à notre satisfaction avec l'enregistreur. Comme collecteur nous nous servions d'une plaque métallique enduite de radium et protégée de diverses façons contre les inconvénients pouvant résulter de coups de vent et de congélation.

Ce radium m'avait été gracieusement offert par M. et M^{me} Curie.

Lorsque le cylindre de l'enregistreur opérait sa révolution en deux heures, on demandait le plus souvent à l'électromètre une très-grande sensibilité, jusque dix fois plus grande que lorsque la révolution de l'appareil avait lieu en 24 heures. On y arrivait en augmentant la tension sur les quadrants, tandis que par une torsion convenable du fil de platine servant à la suspendre, l'aiguille communiquant avec le radiateur était amenée à sa position normale.

Quant aux résultats de ces enregistrements électriques, je dirai seulement ici que par les photogrammes destinés à mettre en évidence les variations faibles de l'électricité atmosphérique, on ne constate pas l'existence d'une corrélation claire entre les petites perturbations électriques et magnétiques de courte durée. Il faut cependant remarquer que l'air ne fut pas parfaitement clair une heure entière au cours des trois semaines en question, et qu'en réalité, il y a deux photogrammes seulement qui aient quelque valeur comme se prêtant à la comparaison que nous avons en vue.

Si, par exemple, il y avait dans l'air la moindre trace de cristaux de glace, — cas qui se présenta alors très fréquemment — le point lumineux mobile oscillait sans interruption d'un côté à l'autre du champ de l'enregistreur.

Mais, comme je l'ai dit, les deux photogrammes que je crois aptes à servir ne manifestent pas de relation directe avec les perturbations magnétiques correspondantes. Peut-être ne fallait-il d'ailleurs pas s'y attendre, alors même qu'il existerait une connexion réelle entre les oscillations électriques de l'atmosphère et les ondulations magnétiques qui nous occupent, car s'il s'agit d'ondes stationnaires, il devra y avoir, correspondant aux milieux des ventres des ondes magnétiques d'une période donnée, des noeuds dans les ondes électriques et vice versa.

Peut-être eût-on dû comparer plutôt les courbes électriques de Halde

avec les courbes magnétiques de Potsdam. C'est là une comparaison que je n'ai pas faite encore.¹

¹ Les résultats précédents et les idées qu'ils m'ont suggérées ont été communiqués au Congrès de Physique, à Paris, le 9 août 1900.

J'apprends avec une grande satisfaction que M. A. Nippoldt à Potsdam, à qui je suis si redevable pour ses bienveillants services, semble être arrivé à des idées analogues aux miennes.

C'est ainsi qu'il me dit dans une lettre du 1, décembre 1900: »Auch ich habe mich in letzter Zeit viel mit Studien über den Zusammenhang zwischen Luftelektricität und Erdmagnetismus abgegeben. Die von Ihnen gefundenen harmonischen Beziehungen zwischen den kleinen Schwingungen liessen sich als Schwingungen der elektrostatischen Ladung der Erde erklären, die nur in den gefundenen harmonischen Verhältnissen stehen können, da nur für diese die Erde ein Resonator ist. Da die Sonne die Oscillationen erzeugt, spürt man sie auf der ganzen Erde, doch können gewisse Wellen an bestimmten Orten stets unterdrückt werden, so dass in Potsdam gewisse Wellenlängen, die in Bossekop vorkommen, nicht auftreten.«

Note.

L'existence de perturbations simultanées de très-courte période, s'étendant sur de grandes parties du globe terrestre, peut permettre de transmettre des signaux de temps à une station polaire fort éloignée, par une sorte de télégraphie sans fil.

Il suffirait d'utiliser pour l'enregistrement des perturbations magnétiques la vitesse la plus grande possible de l'enregistreur, dont la-marche devrait être constamment contrôlée aux deux stations à l'aide d'un chronomètre, en même temps qu'on utiliserait la sensibilité la plus grande possible des magnétomètres.

Il semble que plusieurs savants, qui ont expérimenté sur la télégraphie sans fil, p. ex. Marconi et Tesla, aient observé des phénomènes semblant provenir d'oscillations électriques de l'atmosphère.

Comme nous le verrons au chapitre suivant, il y a précisément dans les couches supérieures de l'atmosphère un puissant courant électrique s'étendant à toute la Terre; les variations de ce courant, qui est certainement dûs à des causes cosmiques, peuvent être d'une période très-courte. M. Tesla est, dit-on, d'avis que les phénomènes en question observés par lui proviennent de la planète Mars. Pour ma part, je crois fort possible que des éruptions volcaniques ayant lieu sur cette planète soient accompagnées de décharges électriques assez fortes pour se manifester par des pulsations appréciables du courant constaté par nous. Quant à supposer qu'il s'agisse d'expériences électriques gigantesques exécutées par des habitants de Mars, je crois qu'il y a là une hypothèse à laquelle nous préférierions n'avoir recours qu'en tout dernier ressort.

II.

Courants électriques dans les couches supérieures
de l'atmosphère.¹

9. Nous allons maintenant nous occuper des perturbations considérables et de durée, relativement longue dans les éléments magnétiques. C'est surtout quand, aux perturbations de cet ordre observées dans les régions polaires, on compare des perturbations correspondantes sur d'autres points du globe, qu'on découvre différentes circonstances méritant l'examen le plus approfondi.

Mais avant de se livrer à l'analyse de ces phénomènes, il est utile et nécessaire de se faire une idée des causes possibles de pareilles perturbations.

Sur ce point, j'ai pu tirer de bons éclaircissements de la comparaison qu'il m'a été donné de faire entre les photogrammes journaliers d'enregistrement magnétique collectionnés pendant plus de trois mois à notre station de Haldde et les photogrammes correspondants obtenus à Potsdam. On trouve ainsi que des variations semblables ont lieu simultanément aux deux stations *pour toutes les amplitudes possibles*. Il n'y a donc pas de raison pour admettre que la cause des grosses perturbations correspondantes diffère essentiellement de celle qui produit les petites perturbations simultanées.

Or, nous sommes arrivés dans ce qui précède, par la discussion de nos photogrammes obtenus par enregistrement à grande vitesse, à la conclusion que les petites variations des éléments magnétiques devaient être dues à des courants électriques variables. Car la différence entre les temps d'apparition des variations subites homologues à Haldde et à Potsdam était en moyenne certainement inférieure à quelques secondes.

Nous concluerons donc que les grandes perturbations sont dues, elles aussi, à des courants électriques embrassant de grandes parties de la surface du globe.

¹ La découverte des courants décrits dans le présent chapitre a été annoncée dans un discours prononcé le 12 octobre 1900 devant la Société des Sciences de Christiania.

Il est vrai qu'on découvre sans peine un fait qui semble militer contre cette opinion. On reconnaît en effet que les différents maxima ou minima des grandes perturbations simultanées ont lieu sur différents points du globe à des moments qui ne concordent pas absolument. C'est là ce qui apparaît très-nettement, lorsque l'on compare les photogrammes caractéristiques enregistrés simultanément en de nombreux points du globe terrestre.

Nous renvoyons provisoirement aux planches III à VII représentant les éléments magnétiques en 7 stations différentes, dont quelques-unes très-éloignées les unes des autres.

Il appert de ces courbes avec toute la clarté désirable que les perturbations atteignent plus vite leur maximum d'amplitude aux stations situées à l'Est qu'à celles situées vers l'Ouest, et que cet écart ne laisse pas d'être considérable. Ce fait intéressant, sur lequel nous nous réservons de revenir plus tard, ne suffit cependant pas à infirmer notre proposition, à savoir que les grandes perturbations sont dues à des courants électriques émanant des régions polaires et se répandant à la surface de la Terre.

Ce retard dans la phase se laisse en effet expliquer très-naturellement, alors même qu'on persiste à prétendre que les perturbations sont imputables à des courants électriques. Car des pulsations particulières de ces courants qui donnent lieu aux variations magnétiques de courte période ont lieu simultanément sur les divers points du globe atteints par ces courants, bien qu'avec une intensité différente.

Il s'ensuit que l'onde d'enveloppe résultant de l'interférence des pulsations consécutives peut fort bien avoir un caractère analogue en deux points du globe très-éloignés l'un de l'autre, en même temps qu'un de ces points peut retarder sur l'autre, quant au moment d'apparition des amplitudes maximum et minimum.

10. Il s'agit tout d'abord de décider dans quelle mesure les courants en question sont telluriques ou atmosphériques, et en second lieu de déterminer leurs trajectoires moyennes. Disons dès maintenant que nous arriverons bientôt par nos recherches à faire des constatations nous forçant à conclure que les courants en question circulent dans l'atmosphère. Nous chercherons donc tout d'abord à fixer les trajectoires moyennes des courants, en admettant comme prouvé qu'il convient de les aller chercher dans les couches les plus élevées de l'atmosphère. Nous admettons de plus que la direction du champ des forces perturbatrices est, au moins approximativement, déterminée par la loi d'Ampère, par rapport aux parties de courant les plus rapprochées de l'endroit considéré.

On ne tardera pas à reconnaître que cette hypothèse est pleinement justifiée.

11. Pour reconnaître maintenant si certaines directions de courants prédominent spécialement aux environs de Bossekop, j'ai extrait de nos photogrammes toutes les perturbations marquées dont l'on pouvait jusqu'à un certain point fixer la grandeur en raison du repos relatif existant dans les éléments magnétiques avant et après la perturbation. En reliant par des lignes droites les portions tranquilles des courbes, j'ai pu mesurer l'amplitude de la perturbation à un instant donné. Cette méthode appliquée à la mesure de l'amplitude des perturbations n'est pas exempte d'un certain arbitraire. Je crois cependant qu'en intercalant comme je l'ai fait des lignes droites convenables, on arrive à se faire une idée plus sûre des perturbations d'origine électromagnétique qui ont lieu à un moment donné, que lorsqu'on s'astreint à mesurer toujours les perturbations en se basant sur les valeurs moyennes journalières.

Lorsqu'on a ainsi mesuré une variation δ de la déclinaison, on trouvera la composante de la force perturbatrice R_p , perpendiculaire au méridien magnétique, composante que nous désignerons par D_p , en vertu de la formule

$$D_p = (H + H_p) \operatorname{tg} \delta,$$

où H_p est la composante horizontale de R_p située dans le plan du méridien. Comme H_p est généralement assez petit, on aura approximativement

$$D_p = H \delta.$$

Si l'on calcule la résultante de D_p et de H_p , on pourra tirer de cette résultante, en vertu de la loi d'Ampère, la direction que le courant électrique supposé doit avoir occupée dans les couches élevées de l'atmosphère aux endroits considérés.

Nous supposons ici que les courants sont dirigés à peu près parallèlement à la surface terrestre.

Ce postulat donne lieu, j'en conviens, à une certaine inexactitude, attendu qu'il est probable que dans les régions polaires, il y a aussi parfois des courants pas tout à fait négligeables dirigés verticalement entre la Terre et l'atmosphère ou inversement, ainsi que l'affirment entre autres *Adam Paulsen*¹ et *Lemström*².

¹ *Adam Paulsen*: Sur la nature et l'origine de l'aurore boréale. Copenhague 1893.

² *Lemström*: On the earth-currents and the electrical currents in the atmosphere and their relations to the earth-magnetism. Helsingfors 1899.

Mais en général de pareils courants ne doivent pas contribuer d'une façon bien essentielle à la production des grandes perturbations dans les éléments horizontaux. C'est là ce qu'il est permis de conclure, tant de l'allure des perturbations correspondantes de l'intensité verticale dans la région polaire considérée, que du fait que les mêmes perturbations dans les éléments magnétiques que nous avons trouvées dans les régions polaires se retrouvent sans peine, en leurs traits essentiels, en des observatoires répartis sur des portions considérables de la surface du globe.

Le fait que nous venons de signaler en dernier lieu montre clairement que les pulsations en question du courant électrique doivent s'étendre sur de vastes portions de la surface terrestre : on reconnaît en effet sans peine que l'influence perturbatrice prédominante exercée par de pareils courants sur les éléments horizontaux sont imputables aux parties du courant qui passent juste au-dessus de l'endroit considéré, tandis que l'influence exercée sur l'intensité verticale est imputable aux courants passant dans le voisinage du même endroit.

12. La fig. 1, pl. II, indique la direction des courants horizontaux dans l'atmosphère pouvant avoir produit toutes les perturbations essentielles des éléments horizontaux constatées par nous à Haldde pendant l'hiver 1899—1900.

Les vecteurs qui y figurent donnent la mesure relative de l'action des courants au point d'observation, leur longueur étant dans chaque cas portée égale à la résultante de D_p et de H_p .

Comme on le conçoit aisément tous ces vecteurs représentant les courants sont rapportés le long d'un axe des temps divisé en 24 heures et compté de midi à midi, temps de Greenwich, afin de reconnaître si ces courants ont une période journalière.

La direction perpendiculaire à l'axe des temps est supposée parallèle au méridien astronomique de Bossekop, le Nord étant tourné vers le haut. Les vecteurs en traits pleins représentent les courants dont la trajectoire moyenne recoupe le méridien de Bossekop au Nord de cette localité; les vecteurs en pointillé ceux dont la masse principale passe au méridien au Sud de Bossekop. On se fixe là-dessus en discutant les perturbations de la composante verticale conformément à la loi d'Ampère.

J'ai traité d'une façon analogue les matériaux magnétiques pour les jours-termes aux stations de Bossekop, Jan Mayn, Fort Rae, Christiania et Pawlowsk pour les années 1882 et 1883.

Les figures de la pl. II fournissent la représentation graphique des résultats obtenus.

L'échelle des vecteurs est 5 fois plus grande aux fig. 1, 8, 9, 10 et 11 qu'aux autres figures. J'ai fait cela pour des motifs d'ordre pratique, attendu que les perturbations sont, on le sait, bien plus grandes dans les régions polaires que dans les pays plus méridionaux.

Si la fig. 1 est à grande échelle, quoique se rapportant à Bossekop, c'est parceque la figure ne contient pas les plus grandes perturbations de 1899—1900. Cela tient à ce que nos instruments de variation servaient à l'enregistrement, tantôt à grande, et tantôt à petite vitesse, et que par suite nous ne pouvions pas rendre les instruments suffisamment insensibles pour servir à l'enregistrement des plus grandes perturbations, les points lumineux sortant alors du champ de l'enregistreur.

Partout dans les figures, le temps dont on s'est servi est celui de Greenwich.

L'échelle 1 dans nos figures originales est telle que $+1.10^{-4}$ C. G. S. était représenté pour H_p par 1 mm. vers le Nord sur la direction du méridien magnétique, tandis que la même grandeur était représentée pour D_p par 1 mm. perpendiculairement au méridien magnétique et compté positivement vers l'Ouest. Dans la reproduction, ces figures originales ont été réduites dans la proportion de 48 à 22.

Dans la plupart des figures de la pl. II, les vecteurs des courants sont en traits pleins, lorsqu'ils représentent des courants dont la direction moyenne recoupe le méridien local (astronomique) au Nord de la station, tandis qu'ils sont en pointillé lorsque leur direction moyenne recoupe le méridien local au Sud. Une exception a été faite pour Christiania, où tous les vecteurs sont en traits pleins, les intensités verticales n'ayant à cette époque pas été observées, et pour Pawlowsk, où les vecteurs en traits pleins représentent des courants dont la trajectoire moyenne recoupe le parallèle de Pawlowsk à l'Ouest de cette localité, tandis que les vecteurs en pointillé se rapportent aux courants recoupant ce même parallèle à l'Est de Pawlowsk.

Pour les années 1882 et 1883, j'ai construit des diagrammes spéciaux pour les mois d'hiver et pour les mois d'été. J'ai de plus fait pour ces mêmes années une distinction entre deux groupes de vecteurs. Les vecteurs du premier groupe, qui sur les figures ne portent aucune marque spéciale, ont été choisis pour les différentes localités en des moments exactement identiques à ceux où les perturbations les plus marquées se produisaient à Bossekop en 1882—1883. L'autre classe de vecteurs, marquée d'un cercle noir sous la pointe de la flèche, se rapporte à des moments différents pour des différents endroits, ceux où pour chaque endroit donné avaient lieu les perturbations les plus considérables, sans pour

cela que des perturbations spéciales se produisissent au même moment à Bossekop.

13. Le tableau 1 contient les données se rapportant à la fig. 1, pl. II.

Les tableaux 2 et 3 contiennent les données relatives aux vecteurs de la première classe (voir plus haut) pour les jours-termes de 1882—1883.

Au tableau 4 en trouvera les données pour les vecteurs de la 2^{me} classe.

Tableau 1.

Bossekop, hiver 1899—1900.

Jour		Temps de Greenwich		$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$
1899					
Décembre	26	5 ^h	48 ^m	+ 24	— 2
—	28	19	12	— 86	— 26
		22	17	— 72	— 64
—	30	19	21	— 96	+ 10
1900					
Janvier	4	18	26	— 70	+ 5
—	5	18	2	+ 48	+ 6
		15	12	+ 74	+ 19
		22	46	— 46	— 11
—	6	3	22	— 54	— 15
		19	41	— 56	+ 10
—	10	20	1	— 83	— 14
—	12	3	57	+ 24	0
—	17	14	0	— 64	+ 60
		22	27	— 48	— 24
—	19	23	56	— 52	— 39
—	22	19	31	— 136	+ 18
—	24	21	10	— 102	— 15
—	25	5	47	+ 32	— 5
		22	9	— 65	— 43
—	26	22	41	— 63	— 29
—	28	0	35	— 31	— 20
		17	42	— 115	+ 6
—	29	1	45	— 30	— 15
—	31	14	43	+ 40	+ 4
Février	2	12	30	+ 19	+ 2
		14	21	+ 8	+ 3
—	3	20	14	— 32	+ 5
—	5	11	20	+ 27	+ 11
		19	27	— 44	+ 8

Jour		Temps de Greenwich		$D_p \ 10^5$	$H_p \ 10^5$
1899.					
—	11	21	01	+ 20	— 20
		3	45	— 50	— 12
		15	9	— 55	+ 17
		21	0	— 66	— 22
		23	15	— 52	— 7
Février	20	18	12	+ 37	— 26
—	23	23	30	— 46	— 20
—	24	0	30	— 32	— 43
		12	50	+ 21	+ 17
		16	50	— 21	+ 53
		22	5	— 64	— 32
—	25	1	17	— 48	— 75
Mars	6	10	10	— 53	+ 23
		23	45	— 46	— 32
—	7	19	8	+ 4	+ 24
		9	11	+ 10	— 15
		13	0	+ 11	— 8
		12	24	+ 16	— 8
—	8	11	4	+ 33	+ 9
		14	5	+ 54	+ 35
—	10	23	25	— 29	— 20
—	11	10	14	+ 8	— 8
		11	47	+ 16	— 6
—	12	15	20	24	28
—	14	0	24	— 112	— 165
—	15	0	6	— 74	— 67
		3	12	— 40	— 71
		10	56	+ 40	— 8
		11	48	+ 16	— 17
Février	11	23	15	— 52	— 8
—	23	23	40	— 56	— 37

Tab-
Mois

		Bossekop		Jan Mayn	
Jour	Temps de Göttingue	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$
1882					
Octobre	15	1 ^h 15	— 53	— 165	— 88
		15 35	+ 49	+ 210	+ 91
Novembre	1	16 10	+ 18	+ 70	— 23
		19 5	— 14	+ 105	+ 28
—	15	22 0	— 106	— 210	+ 40
		2 45	— 99	— 550	+ 43
		6 55	— 246	— 200	— 125
		8 35	— 113	— 50	— 171
Décembre	1	18 45	+ 92	+ 310	— 71
		3 15	— 109	— 70	— 40
		14 30	+ 7	+ 125	0
		23 50	+ 14	— 275	+ 43
—	15	20 15	— 7	+ 90	+ 11
		22 10	— 113	— 105	+ 82
1883					
Janvier	2	2 15	— 32	— 110	+ 6
		18 25	— 74	+ 80	0
—	15	18 20	+ 7	+ 190	— 11
		20 30	+ 24	+ 160	+ 6
Février	1	22 30	— 39	— 130	+ 60
		1 40	— 106	— 90	+ 42
		18 55	+ 63	— 290	+ 131
		22 15	— 99	— 700	+ 28
—	15	0 30	+ 4	+ 165	+ 40
		19 40	— 21	— 380	— 26
Mars	1	22 15	+ 106	— 120	— 17
		23 0	— 88	— 690	— 51

leau 2.

d'hiver.

Fort Rae		Christiania		Pawlowsk	
$D_p, 10^5$	$H_p, 10^5$	$D_p, 10^5$	$H_p, 10^5$	$D_p, 10^5$	$H_p, 10^5$
+ 26	+ 100	— 19	+ 12	— 14	+ 23
— 170	— 370	+ 28	+ 7	+ 5	— 8
— 107	— 190	+ 19	— 11	+ 5	— 15
+ 24	0	+ 9	— 7	— 5	— 5
+ 13	+ 30	— 38	+ 6	— 33	+ 18
0	+ 350	+ 5	— 46	— 10	— 20
+ 49	+ 50	— 9	— 7	— 24	— 5
+ 201	— 300	— 51	— 71	— 62	— 60
— 49	+ 30	+ 19	+ 31	+ 14	+ 18
+ 15	+ 70	0	+ 2	— 2	— 3
— 89	— 60	+ 23	+ 5	+ 5	+ 5
+ 13	+ 80	— 19	— 7	— 48	— 10
+ 15	+ 20	+ 9	— 3	— 5	— 10
+ 41	— 100	— 33	— 14	— 48	— 8
0	0	+ 14	— 7		
+ 69	— 80	— 28	+ 3		
— 93	— 100	+ 19	— 7	— 2	— 10
+ 15	— 20	— 14	+ 7	— 10	+ 10
+ 35	— 30	— 19	0	— 14	0
+ 6	+ 50	— 28	+ 18	— 5	+ 25
— 232	— 270	+ 5	+ 46	— 43	— 35
— 95	— 230	— 103	— 6	— 124	— 30
0	0	— 28	+ 17	— 10	+ 15
— 153	— 80	— 66	+ 54	— 14	+ 45
— 13	+ 100	— 9	+ 11	0	0
— 22	+ 270	+ 9	— 32	+ 19	0

Tab-
Mois

		Bossekop		Jan Mayn	
Jour	Temps de Göttingue	$D_p \cdot 10^5$	$H_p \cdot 10^5$	$D_p \cdot 10^5$	$H_p \cdot 10^5$
1882					
Août	1	2 ^h 10	— 775	— 700	
		21 10	— 106	— 200	
—	15	1 5	— 74	— 195	
		16 10	— 42	+ 18	
		22 25	— 7	— 265	
Septembre	1	1 15	+ 29	— 45	
		20 0	— 4	+ 12	
—	15	1 30	— 7	— 70	— 34
		15 0	+ 7	+ 55	+ 28
1883					
Avril	1	0 10	— 29	— 60	— 11
		16 40	— 4	+ 20	0
—	15	16 25	— 4	+ 100	+ 9
		23 45	— 42	— 175	+ 40
Mai	1	6 35	+ 42	— 25	— 17
		17 55	— 35	+ 124	+ 11
		23 40	— 148	— 270	+ 57
—	15	18 30	— 14	+ 85	+ 34
		20 40	0	— 25	+ 85
Juin	1	18 40	+ 42	+ 205	+ 17
		22 45	— 56	— 35	+ 74
Juillet	1	1 40	— 370	— 1230	+ 9
		2 20	+ 99	— 400	+ 3
		12 10	0	+ 330	— 154
		15 45	— 7	+ 360	+ 40
		23 40	— 275	— 450	+ 43
—	15	17 25	+ 120	+ 310	+ 57
		23 50	— 176	— 600	— 100
Août	1	2 30	— 528	— 440	— 20
		17 10	+ 113	+ 300	+ 26
		22 15	— 198	— 430	+ 114
—	15	0 15	— 172	— 245	
		1 25	— 113	— 190	
		12 35	+ 56	+ 35	

leau 3.

d'été.

Fort Rae		Christiania		Pawlowsk	
$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$
		— 9	— 5		
		+ 14	+ 15		
		+ 14	+ 30		
		0	+ 14	— 5	+ 13
		+ 5	+ 17	— 5	+ 18
— 2	+ 20	+ 19	0	0	— 5
— 33	— 20	+ 23	+ 16	0	+ 15
— 6	— 10	— 14	+ 12	— 10	+ 13
— 30	— 50	+ 5	0	— 5	+ 3
— 112	— 160	+ 14	+ 24	— 5	+ 23
+ 22	0	— 5	+ 28	0	+ 15
+ 45	+ 30	+ 5	+ 6	+ 10	— 10
— 93	— 20	— 9	+ 26	— 14	+ 20
0	+ 190	— 14	— 7	— 14	+ 3
— 56	0	— 19	+ 31	— 24	+ 40
— 17	+ 10	0	+ 21	+ 2	+ 20
— 37	— 70	+ 9	+ 36	— 5	+ 15
0	0	— 14	+ 9	— 19	+ 3
+ 100	— 70	— 84	— 70	— 67	+ 30
+ 205	— 80	— 56	— 50	— 24	— 10
— 4	+ 50	+ 23	+ 10	+ 38	+ 30
— 129	— 100	+ 23	+ 37	+ 24	+ 25
— 45	+ 250	+ 9	— 23	+ 10	— 3
— 446	— 540	+ 14	+ 103	+ 19	+ 70
— 82	+ 300	+ 9	— 13	+ 19	— 20
— 4	+ 50	— 84	— 57	— 67	— 5
— 346	— 330	0	+ 35	— 2	+ 10
— 58	+ 180	— 56	+ 15	— 19	+ 25
+ 8	+ 170	— 19	+ 7	— 24	+ 5
+ 47	+ 280	+ 5	— 9	— 10	— 8
— 30	0	+ 47	+ 14	— 53	+ 25

Tableau 4.

Jan Mayn

Hiver

Jour	Temps de Göttingue	$D_p \cdot 10^5$	$H_p \cdot 10^5$
1883			
Janvier 15	21 ^h 45	— 88	— 60
Février 1	21 55	+154	—110
Mars 1	19 20	—682	—240
« 15	5 20	— 54	—140

Eté

1883			
Mai 15	6 ^h 20	— 68	—125
Juin 1	4 0	— 65	—105
Juillet 1	0 50	—221	—720
	6 35	—125	—255
Août 1	13 20	+ 48	+280
	17 35	+ 63	+165

Fort Rae

Hiver

1882			
Octobre 15	8 ^h 20	—138	—480
	12 10	—206	—430
Novembre 1	15 36	—184	—290
« 15	4 0	— 73	+340
	14 0	—190	— 70
Décembre 1	6 48	+ 6	—100
1883			
Janvier 2	14 44	—123	—280
« 15	13 55	—173	—230
Mars 1	13 50	—404	—440
	6 35	+187	+230

Eté

1883			
Avril 1	14 ^h 0	—112	—120
« 15	10 45	— 39	—110
Mai 15	8 40	+ 39	—260
Juin 1	12 35	— 78	—310
Juillet 1	1 27	+120	+300

Christiania

Hiver

Jour	Temps de Göttingue	$D_p \cdot 10^5$	$H_p \cdot 10^5$
1883			
Janvier 15	21 ^h 45	— 28	+ 21
Février 1	21 55	— 143	— 32
Mars 1	19 20	— 126	+ 46
« 15	5 20	+ 9	— 6

Eté

1883			
Mai 15	6 ^h 20	— 23	— 4
Juin 1	4 0	— 19	— 17
Juillet 1	0 50	— 38	— 50
	6 35	— 14	— 25
Août 1	13 20	+ 47	+ 43
	17 35	+ 19	+ 95

Pawłowsk

Hiver

1882			
Octobre 15	8 ^h 20	— 19	— 45
1883			
Mars 1	15 20	— 38	+ 60

Eté

1883			
Juillet 15	15 ^h 35	+ 43	+ 85

14. Passant à la discussion de nos résultats, nous allons examiner d'abord les figures se rapportant à Bossekop, Jan Mayn et Fort Rae pour 1882—1883.

On voit immédiatement par ces figures qu'en général, dans ces localités, il y a dans le cours d'une même journée deux directions de courant bien marquées.

Pour Bossekop, les courants les plus forts sont dirigés vers le Sud-Ouest pendant la première partie de la nuit, et à ce qu'il semble plus vers le Sud et plus tard dans la nuit en été qu'en hiver. Un autre courant, dirigé vers l'Est-Nord-Est se manifeste dans l'après-midi, mais de meilleure heure en été qu'en hiver. Presque tous les courants passent au Nord de Bossekop; ce n'est qu'assez tard en été que la ligne médiane du courant recoupe le méridien de Bossekop au Sud de cette localité.

Si l'on examine les planches relatives à Jan Mayn, on y retrouve des directions de courant analogues à celles de Bossekop, surtout pendant les mois d'été. Il y a pendant la nuit un courant dirigé vers le Sud-Ouest, un peu plus tard qu'à Bossekop, mais avec des vecteurs de courant plus dispersés — et un courant vers le Nord-Est dans le cours de l'après-midi.

Ce qui est surtout intéressant et important ici, c'est qu'on voit les mêmes courants qui passaient au Nord de Bossekop passer presque tous au Sud de Jan Mayn. C'est ce qui se manifeste clairement sur les courbes originales des intensités verticales pour les jours-termes à Bossekop et à Jan Mayn. On voit que dans ces deux localités les variations vont très-souvent de conserve, mais en sens exactement inverse.

Ces faits prouvent deux choses :

1°. Que tous les courants dont il s'agit circulent bien dans l'atmosphère, ainsi que nous le prévoyions. Si en effet on les supposait se propageant dans le sol, la même ligne médiane de courant devrait aller simultanément au Sud de Bossekop et au Nord de Jan Mayn avec la même direction que précédemment, mais à cela près que dans chaque cas, le courant irait dans un sens opposé à celui qu'il avait précédemment. Mais cela est impossible, étant donnée la situation géographique relative de Bossekop et de Jan Mayn. Notre raisonnement ne tient nul compte de l'hypothèse d'ailleurs fort invraisemblable de deux courants de même direction et à variations semblables et synchrones, l'un au Sud de Bossekop, l'autre au Nord de Jan Mayn.

2°. Ensuite, que dans les régions polaires les courants en question sont nettement délimités et concentrés. Il est probable que la largeur de la partie prédominante du courant n'a jamais dépassé beaucoup 500 kilomètres pour les jours-termes en question de 1882—1883. Si l'on admet que les courants se meuvent dans les mêmes couches atmosphériques où on observe les aurores boréales les plus élevées, soit à 200 kilomètres environ, on se fera ainsi provisoirement une idée approchée de leur répartition.

Nous pouvons aussi nous former une idée de l'intensité de ces courants au cours de perturbations considérables. On peut en effet s'attacher à des cas où les perturbations de l'intensité verticale sont égales de grandeur, mais de sens inverse pour les stations de Bossekop et de Jan Mayn. En pareil cas, il est rationnel d'admettre que le courant moyen à passé entre les deux localités à égale distance de chacune d'elles, à condition toutefois que les perturbations correspondantes dans le plan horizontal indiquent des directions de courant permettant pareille hypothèse. Cette

dernière condition a toujours été remplie sans plus dans les cas spéciaux examinés par moi.

Si maintenant l'on suppose tout le courant concentré suivant sa ligne médiane, le champ magnétique entourant ce courant sera déterminé approximativement par la formule

$$F = 0,1 \cdot \frac{2i}{a}$$

où i est l'intensité du courant en ampères et a la distance en centimètres à la ligne médiane. Si p. ex. on prend un cas datant du 2 janvier 1883 à 2^h20^m, heure de Göttingue, on trouve pour les deux stations une perturbation de l'intensité verticale égale

à environ 0.0015 C. G. S.

Les perturbations des éléments horizontaux indiquent les directions de courants rapportées sur la fig. 4 ci-jointe.



Fig. 4.

Comme nous l'avons déjà dit, nous admettons provisoirement que la hauteur du courant au-dessus de l'horizon est d'environ 200 kilom.

Nous négligeons partout la courbure de la Terre, attendu qu'elle ne peut ici affecter le

résultat que de 1 pour cent, tandis que dans les cas mentionnés subséquemment les erreurs ne dépassent pas 2 pour cent.

En exécutant les calculs, on trouve ici

$$i = 317\,000 \text{ ampères.}$$

Un calcul analogue donnera pour la date

15 octobre 1882	1 ^h 45 ^m	heure de Göttingue,	$i = 556\,000$	ampères
1 février 1883	22 ^h 5 ^m	— « —	350 000	—
15 juillet 1883	23 ^h 35 ^m	— « —	520 000	—

Nous pouvons maintenant nous faire une idée sur le point de savoir si la hauteur de 200 kilom. est tant soit peu exacte, en nous rendant compte de l'intensité que devrait avoir un courant perturbateur passant droit au-dessus de Bossekop un jour où, aux autres stations, les perturbations ont été de même ordre qu'aux jours mentionnés ci-dessus.

On peut admettre que la ligne médiane du courant passe justement au-dessus de Bossekop, lorsque la perturbation de l'intensité verticale est négligeable, tandis que les perturbations de l'intensité horizontale sont exceptionnellement grandes.

En faisant ainsi les calculs, avec une altitude de 200 kilomètres pour le courant, on trouve

au 15 novembre 1882	1 ^h 45 ^m	temps de Göttingue	$i = 497\ 000$	ampères
1 juillet	1883	1 ^h 35 ^m	983 000	—

Nous ferons remarquer qu'en réalité l'intensité a dû être notablement plus grande, les courants ayant probablement été répartis sur toute une ceinture assez large, s'étendant de part et d'autre de Bossekop.

Nous voyons donc que les valeurs de l'intensité i que nous venons de calculer en dernier lieu sont notablement plus grandes que celles trouvées par l'autre méthode. Il est donc probable que l'altitude admise, soit 200 kilom., a été prise trop élevée, et il se peut que 100 kilom. soit une valeur moyenne répondant mieux à la réalité.

On trouverait certainement pour l'intensité du courant et son altitude, des valeurs bien plus exactes qu'ici, si l'on avait eu, pour y enregistrer les perturbations, trois stations très-rapprochées, et situées de telle sorte que la ligne médiane du courant passât au-dessus de la station intermédiaire, les deux autres stations étant situées de côtés opposés par rapport à la zone couverte par le courant. On eût alors pu recourir à une méthode de calcul plus satisfaisante, et trouver les valeurs cherchées par approximations successives.

Il y a encore une autre possibilité pour mesurer l'altitude où circulent les courants en question. Comme on le sait, on a constaté dans les régions polaires la formation de nuages allongés, lumineux pendant la nuit. Ces nuages sont probablement produits par les courants qui nous occupent, et dans ce cas, on pourrait, en mesurant leur altitude, en tirer des conclusions quant à l'altitude minimum du courant lui-même au-dessus de la surface de la Terre. —

Prenons maintenant, à titre comparatif, les observations du Fort Rae. Ici l'on voit par les figures que le courant le plus prononcé est dirigé vers l'Ouest entre 14 et 15 heures, temps de Greenwich.

Dans la nuit, on trouve d'ailleurs presque toujours un autre courant dirigé vers le Sud-Est.

Il semble qu'au Fort Rae les courants aient tourné [d'environ 100° dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre, relativement aux courants simultanés de Bossekop et de Jan Mayn. Presque tous les courants du matin ont passé au Sud du Fort Rae, tandis que, surtout en hiver, plusieurs de ceux de la nuit ont passé au Nord de la même station. Il convient de remarquer que la direction des courants en question semble partout, à Bossekop, à Jan Mayn et à Fort Rae, coïncider à peu près

avec celle de la ceinture aurorale qui, comme on le sait, passe assez près de ces trois stations.

En outre, si nous nous rappelons le mode de construction des figures que nous discutons successivement ici, il en résultera déjà clairement que les courants en question ont une période diurne; nous verrons qu'ils tournent autour de la Terre en 24 heures dans le sens apparent du Soleil, quoique leur vitesse de rotation varie certainement aux différentes heures de la journée.

Si maintenant l'on considère les figures 8, 9, 10 et 11 de la planche II, qui représentent les courants les plus essentiels pour Christiania et Pawlowsk pour les jours-termes en question, on retrouve là aussi, pour les mois d'été surtout, des courants très-caractéristiques, et correspondant sans doute aux courants dont nous venons de parler.

Nous aurons plus tard l'occasion de discuter encore ces figures.

15. Revenons enfin à nos résultats pour Bossekop en 1899—1900. Pour poursuivre de plus près les courants dont ils nous fournissent la notion, courants représentés par la fig. 1, pl. II, j'ai cherché à emprunter les matériaux de comparaison dont j'avais besoin au plus grand nombre possible d'observatoires magnétiques, disséminés sur une grande partie de l'hémisphère boréal.

A Potsdam déjà, lorsque je pus comparer tous les matériaux enregistrés par nous à ceux réunis simultanément à Potsdam, je remarquai que sur 16 jours des 3 mois considérés, nos courbes et celles relevées à Potsdam contenaient un grand nombre de parties tout à fait concordantes. Je fis alors choix de 6 de ces jours, pour chercher à obtenir les photographies correspondant à ces jours pour un aussi grand nombre d'endroits que possible.

Comme je l'ai déjà dit, j'ai, grâce à la grande bienveillance des directeurs des observatoires magnétiques de Pawlowsk, Copenhague, Potsdam, Paris, Greenwich et Toronto, réussi à obtenir des photographies provenant de toutes ces localités.

Pour 5 de ces jours, les 4—5 et 11—12 février, les 3—4, 13—14 et 15—16 mars, les courbes correspondantes sont reproduites sur les planches III à VII, après avoir été, au moyen d'un pantographe, transformées de façon à pouvoir être comparées directement. Les parties des courbes reproduites sont comprises entre midi, temps de Greenwich, d'un jour, à 8 heures du matin le lendemain.

A Haldde, nous n'avons en général pour les jours en question que l'intensité verticale, attendu que les jours où des tempêtes magnétiques envahissaient de vastes portions du globe, les forces perturbatrices H_p et

D_p étaient trop-grandes à Haldde pour que pour les raisons déjà indiquées, leur enregistrement pût réussir complètement.

L'intensité des perturbations dans les différentes localités peut être déduite des courbes ici reproduites en connexion avec le tableau ci-dessous, qui indique les valeurs des éléments magnétiques en C. G. S. répondant à chaque millimètre des ordonnées des courbes.

	H .	D .	V .
Haldde	15.10^{-6}	0.93	245.10^{-6}
Pawlowsk	75.10^{-6}	1.43	84.10^{-6}
Copenhague	143.10^{-6}	2.14	
Potsdam	66.10^{-6}	2.04	59.10^{-6}
Paris	70.10^{-6}	1.45	
Greenwich	39.10^{-6}	0.69	
Toronto	69.10^{-6}	2.25	

16. Discutons maintenant de plus près les photogrammes relatifs aux sept stations mentionnées précédemment, et reproduits par des méthodes mécaniques aux planches III à VII.

On remarque immédiatement qu'il y a tout spécialement vers l'heure 21 (temps de Greenwich) un déplacement relatif des perturbations des

Tab-

Paris			Greenwich			Toronto		
Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$
16 ^h 6	— 17	— 42	16 ^h 13	— 13	— 32	16 ^h 6	+ 30	— 30
19 12	— 83	+ 21	19 10	— 85	+ 14	19 0	0	— 46
22 0	— 58	+ 49	22 9	— 59	+ 58	22 18	— 24	— 17
20 54	— 42	+ 14	20 54	— 40	+ 14	20 54	0	— 13
23 51	— 12	+ 11	23 55	— 13	+ 10			
19 39	— 13	+ 7	19 42	— 13	+ 3			
21 0	— 37	+ 32	21 0	— 35	+ 26	21 17	— 12	— 11
19 40	— 54	— 32	19 42	— 48	— 35			
22 12	— 33	+ 7	22 17	— 40	0			
19 39	— 12	+ 4	19 39	— 11	0			
			22 39	— 15	0			
1 39	— 25	+ 17	1 27	— 23	+ 17	1 30	— 12	— 23
0 17	+ 29	+ 56	0 13	+ 29	+ 55	0 30	— 48	— 15
21 36	+ 25	+ 91						
21 51	— 50	+ 63						
22 3	+ 17	+ 84						

éléments magnétiques correspondants des stations de l'Est à celles de l'Ouest. En mesurant sur les photogrammes le temps d'apparition dans les différentes localités du moment initial des perturbations un peu brusques, ou d'autres variations propres aux mêmes fins, on peut calculer sans peine la vitesse propre avec laquelle la cause des perturbations se déplace vers l'Ouest de Pawlowsk ou Potsdam à Greenwich ou Toronto.

Par un certain nombre de pareilles mesures faites sur les planches originales, j'ai trouvé que cette vitesse de translation est d'environ 100 kilom. par minute pour les grandes perturbations, tandis que pour les petites, la vitesse est moindre.

Il semble toutefois que cette translation des perturbations ne soit pas uniforme aux différentes heures de la journée; elle semble surtout différer beaucoup pour le temps compris entre 8 et 10 heures (temps de Greenwich).

Malheureusement, les parties de nos photogrammes qui présentent le plus d'intérêt à cet égard ne sont pas reproduites sur nos planches, attendu que, pour les jours correspondants, il n'y avait justement nulle part de perturbations bien marquées, et que les planches étaient déjà dessinées lorsque l'anomalie en question fut observée pour la première fois.

Tableau 5.

Jour		Pawlowsk			Copenhague			Potsdam		
		Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$	Temps de Gr.	$D_p. 10^5$	$H_p. 10^5$
Février	4	15 ^h 56	— 50	— 35	16 ^h 4	— 36	— 38	16 ^h 4	— 22	— 39
		18 48	— 137	+ 75	18 56	— 136	+ 29	19 0	— 120	+ 36
		21 44	— 9	+ 75	21 48	— 72	+ 77	21 54	— 71	+ 78
«	11	20 40	— 21	+ 50	20 40	— 54	+ 48	20 43	— 46	+ 42
«	26	23 52	+ 12	+ 13	23 48	— 7	+ 19	23 48	— 8	+ 16
Mars	3	19 45	— 14	+ 20	19 40	— 18	+ 19	19 39	— 19	+ 13
		21 0	+ 16	+ 30	20 54	— 36	+ 43	21 0	— 33	+ 45
«	13	19 36	— 91	0	19 36	— 72	— 19	19 39	— 76	— 20
		22 14	— 119	+ 100	22 16	— 86	+ 38	22 18	— 71	— 39
«	15	19 36	+ 9	+ 18	19 36	— 24	+ 19	19 39	— 14	+ 15
		22 34	— 5	+ 15	22 34	— 15	+ 14	22 39	— 8	+ 10
«	16	1 26	0	+ 23	1 26	— 15	+ 29	1 34	— 11	+ 26
«	14	0 18	+ 32	— 10	0 0	+ 57	+ 19	0 6	+ 38	+ 26
Février	11							23 15	— 11	0
«	23							23 40	— 22	+ 10
Mars	13	21 32	— 27	— 75	21 32	+ 120	0	21 36	+ 66	+ 20
		21 48	+ 60	+ 25	21 52	— 36	+ 115	21 54	— 33	+ 111
		22 0	+ 137	— 95	22 0	+ 106	0	22 3	+ 49	+ 20

Les matériaux dont je dispose actuellement ne m'ont pas permis de me faire une idée sûre de la façon dont ce phénomène se manifeste aux heures matinales : il sera donc d'autant plus nécessaire d'en faire l'objet de recherches plus précises.

17. Nous allons maintenant nous occuper de tracer les diagrammes des vecteurs de courants, pareils à ceux de la pl. II, en nous servant pour cela des matériaux précieux mis à notre disposition par les 6 observatoires magnétiques dont nous avons donné la liste.

En mesurant sur les photogrammes originaux les perturbations les plus saillantes, nous avons d'abord calculé les différentes valeurs des composantes H_p et D_p en ces 6 localités, valeurs inscrites au tableau 5.

18. Sur la planche VIII, nous avons en nous basant sur les chiffres du tableau précédent, inscrit les vecteurs de courants relatifs aux observatoires de Pawlowsk, Copenhague, Potsdam, Paris, Greenwich et Toronto.

Ici, l'échelle est 2.93 fois plus grande que l'unité de la pl. II.

Mais nous n'y avons pas fait entrer les courants du 13--14 mars, les courants observés à cette date ayant eu un caractère exceptionnellement versatile, avec courants locaux d'apparition assez rare.

C'est ainsi que le 13, un peu après midi, un fort courant dirigé vers le Nord-Ouest semble avoir passé à l'Est de Toronto, et le même courant a semblé se retrouver à l'Est de Pawlowsk, mais sur ce point, il était dirigé vers le Sud-Est. Ce courant a évidemment passé entre Bossekop et Pawlowsk, car les perturbations dans l'intensité verticale sont en sens contraire pour ces deux stations ; cependant nous ne possédons pas de matériaux suffisants pour former un jugement bien fondé sur la trajectoire exacte du courant.

Plus tard dans la nuit, on constata aussi des directions de courants ne concordant pas avec les directions normales. On voit p. ex. à la fig. 7, même planche, des directions de courants correspondant à la dernière perturbation qui fit son apparition avant que la tranquillité normale se trouvât partout rétablie.

Revenons cependant aux figures 1 à 6, auxquelles se rattachent les faits les plus intéressants. On peut en tirer immédiatement deux conclusions importantes.

1°. Chaque diagramme pris isolément montre que, tels qu'ils se manifestent en général, les courants relevés de bonne heure ont tourné dans le sens des aiguilles d'une montre, si on les compare à ceux qui se produisent à une heure ultérieure, en-dedans des limites indiquées de ± 5 heures aux environs de 21 heures.

2°. Chaque groupe de vecteurs correspondants pour les 6 stations montre que les courants tournent dans le sens des aiguilles d'une montre lorsqu'on passe d'une station orientale à une station occidentale. Cela s'applique en tout cas aux heures voisines de celles considérées ici.

Nous pouvons maintenant rapporter sur une carte les lignes des courants en nous basant sur nos résultats. Mais comme à Bossekop nous n'avons pas les courants directement correspondants à ceux représentés par la pl. VIII, nous devons extraire leur direction moyenne correspondante de la fig. 1, pl. II, ce que nous pouvons faire sans risquer de commettre d'erreur sensible.

Nous pouvons d'ailleurs aussi, pour confirmer la direction de courant ainsi trouvée, faire entrer en ligne de compte les quelques cas que nous possédons de directions de courants directement correspondantes pour Bossekop et Potsdam, et qui sont figurées fig. 8 pl. VIII.

A la pl. IX, nos lignes de courants sont relevées pour l'heure 24 — minuit, — temps de Greenwich.

Les courants cheminent d'abord en faisceau serré vers le Sud-Ouest en côtoyant la Norvège du Nord; après cela ils se dispersent fortement, les lignes de courants les plus orientales déviant énergiquement vers l'Est, et les lignes occidentales moins fortement vers l'Ouest; il semble bien qu'il y ait tendance à former un tourbillon oriental et un tourbillon occidental, l'un, vu d'en haut, avec des directions de courants se déplaçant dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre, l'autre dans le sens même de ce mouvement.

Le fait que les courants se dispersent fortement quand, partant des régions polaires, on se dirige vers le Sud, est complètement d'accord avec la diminution que l'on constate dans les perturbations magnétiques des trois éléments dans les régions plus méridionales, et surtout avec ce fait que des perturbations considérables de l'intensité verticale y deviennent relativement rares.

Ce qui jette bien de la lumière sur ces phénomènes, c'est la remarque que le rapport entre les grandeurs des perturbations dans l'intensité verticale de Haldde et de Potsdam est parfois dix fois plus grande que le rapport entre les variations correspondantes des éléments horizontaux en ces deux localités. Ceci doit pouvoir s'expliquer en ce que les courants se manifestant à Potsdam font toujours partie d'une zone fort large embrassant souvent toute la partie moyenne de l'Europe, et que par suite, il ne peut presque jamais s'y former de courants fortement concentrés sur un des côtés seulement de l'observatoire de Potsdam, ce qui serait nécessaire pour y produire des fortes perturbations dans l'intensité verticale.

Les courants doivent en général passer au-dessus de Potsdam et le signe de la déviation de la balance sera positif ou négatif suivant que Potsdam est situé d'un côté ou de l'autre de la ligne médiane de la zone des courants.

Avec cette représentation des courants perturbateurs que l'on trouve aux figures de la pl. IX, on saisit aisément la raison des deux observations importantes faites sur la pl. VIII:

a) Les diagrammes isolés répondant à un quelconque des 6 observatoires montrent que les courants qui se trouvent en avance ont en général tourné en direction dans le sens des aiguilles d'une montre, relativement aux courants apparaissant plus tard; cela résulte de ce que la Terre tourne tandis que le faisceau de lignes de courants faisant l'objet du diagramme est considéré comme conservant à peu près sa place dans l'espace. Par suite chacune des stations passe en premier lieu les lignes de courants déviées vers l'Ouest relativement au méridien, et en dernier lieu celles qui sont déviées vers l'Est.

b) Les groupes de vecteurs se correspondant mutuellement pour les 6 stations montrent en effet que des stations orientales aux stations occidentales, les courants tournent dans le sens des aiguilles d'une montre en pleine conformité avec ce que nous avons représenté pl. IX. Il est intéressant de remarquer à l'aide de la pl. VIII que les courants les plus occidentaux vers 16 heures se sont manifestés aux latitudes les plus basses dans l'Atlantique entre les méridiens de Greenwich et Toronto, et la courbure des lignes semble indiquer clairement qu'il existe des courants en tourbillon ainsi que je l'ai indiqué plus haut.

19. Toujours d'accord avec notre conception de l'origine des perturbations magnétiques, nous allons chercher l'explication du phénomène mentionné au § 16.

Nous avons, surtout vers 21 heures, temps de Greenwich, trouvé un déplacement assez sensible des perturbations qui se correspondent dans les différentes localités, ces perturbations faisant leur apparition de meilleure heure dans les stations situées le plus à l'Est que dans celles situées plus à l'Ouest, la vitesse avec laquelle la cause des perturbations semble se déplacer d'Est en Ouest étant d'environ 100 kilom. par minute.

La manière la plus simple d'expliquer ce fait semble être d'admettre que tout le faisceau de courants rayonnants oscille d'Est en Ouest chaque fois que se manifeste une recrudescence du courant. Ceci semble aussi prouvé directement par la rotation des vecteurs de courant pendant une pareille recrudescence. Voir p. ex. à la pl. III les courbes de Greenwich.

La courbe H pour environ 19 heures montre clairement, de concert avec la courbe D , comment les vecteurs de courant, lors de la recrudescence en question, avaient d'abord une direction à peu près Sud-Ouest, pour passer plus tard droit au Sud, puis à peu près vers le Sud-Est.

Une rotation analogue plus ou moins forte d'Ouest en Est se retrouve partout chez les vecteurs de courant des 6 stations, au cours d'une même recrudescence ou de secousses analogues. Cette rotation correspond précisément avec la rotation vers l'Ouest du faisceau de lignes de courants pendant la recrudescence. Une raison physique de ces oscillations ne paraît pas s'imposer avec évidence. L'ondulation ne semble pas pouvoir être attribuée avec certitude à l'action réciproque du magnétisme terrestre sur le courant; car dans ce cas il semble à première vue que le courant devrait s'être déplacé dans le sens contraire.

Toutefois la force avec laquelle, dans les régions les plus septentrionales, le magnétisme terrestre pousse vers le Sud-Est les éléments de courants de direction Sud-Ouest, doit être plus considérable que la force correspondante dans des régions plus méridionales, tant en raison de la plus grande concentration du courant aux hautes latitudes, que de la valeur plus grande de la composante verticale du magnétisme terrestre.

N'est-il pas possible qu'il en résulte une conversion vers l'Ouest de l'ensemble du courant aux latitudes moyennes, comme j'en ai constaté à l'aide des matériaux fournis par les observatoires magnétiques mentionnées précédemment?

20. Sur la pl. IX, les lignes de courant sont représentées pour la partie la mieux étudiée de nos courants dans l'atmosphère. Il va sans dire qu'il y a quelque-chose de très-séduisant à chercher à deviner leur marche ultérieure. Et ici l'on n'est nullement privé de guide : notre diagramme de Haldde pour l'année 1899—1900 nous donne au contraire d'excellentes indications.

On voit p. ex. que les courants de retour dirigés vers le Nord passent à Bössekop d'environ 3 heures du matin à 18 heures. Ces courants sont faibles, il est vrai, mais les photogrammes originaux montrent qu'ils sont de bien plus longue durée que les courants dirigés vers le Sud au commencement de la nuit. Et ceci veut dire tout bonnement que les courants septentrionaux des heures matinales sont disséminés dans une zone très-large.

Les photogrammes de l'intensité verticale montrent également que les courants doivent être épars, attendu qu'on ne trouve presque jamais vers cette heure d'écart considérable de la balance. Le courant doit donc en général passer simultanément des deux côtés du lieu d'observation. Les

vecteurs de courant correspondants sont par suite tracés en trait plein, attendu qu'on n'a pu indiquer de quel côté de Bossekop passait la ligne médiane du courant.

Ces vecteurs pour les courants faisant retour aux régions polaires ont en général, lorsqu'ils passent à Bossekop, une direction Nord-Ouest aux premières heures du matin, mais plus tard dans la journée une direction décidément Nord-Est.

C'est d'après ces indications que j'ai esquissé les lignes de courant sur la carte reproduite par la pl. X.

Je considère comme bien établie, dans ses traits principaux, la première partie de ces lignes de courant, celle qui est déjà représentée par la pl. IX; à la façon dont le reste est rapporté, chacun comprend que la prolongation du tracé des lignes de courant est une grossière approximation. Lorsqu'un grand nombre d'observatoires se seront mis d'accord pour construire un diagramme pareil à celui que j'ai dessiné pour Bossekop, alors seulement on pourra tracer une carte relativement exacte. Le mieux serait d'instituer des enregistrements simultanés en diverses stations polaires et dans le plus grand nombre possible d'autres stations.

C'est ici l'endroit de faire une remarque sur tous les diagrammes de la pl. II, déjà souvent mentionnés. A l'exception de la fig. 1, ils sont basés sur les perturbations les plus considérables observées en 1882—83. Dans la fig. 1, au contraire, on n'a pas tenu compte des plus grosses perturbations, mais, parmi les plus nettement caractérisées, de celles seulement de moyenne et petite amplitude : par suite, l'échelle de cette figure a été prise 5 fois plus grande que pour les stations polaires de 1882—83. Si dans ces dernières, on avait tenu compte aussi des perturbations moindres, on serait peut-être arrivé ainsi pour les courants faisant retour vers les régions polaires à une vue d'ensemble plus complète qu'on ne l'a fait précédemment.

21. De ses études sur les coefficients harmoniques des composantes magnétiques, Schuster¹ a tiré la conséquence qu'il doit y avoir sur chaque hémisphère un centre positif et un centre négatif d'attraction magnétique, produits par des courants électriques dans l'atmosphère, et semblant graviter autour de la Terre avec le Soleil.

Ces faits apparaissent bien clairement dans un mémoire plus récent de Betzold², où les lignes équipotentielles correspondant à la variation quotidienne sont rapportées sur une carte de la Terre suivant la projection de Mercator.

¹ A. Schuster, Phil. Trans. Vol. 180 A, p. 467—518, Londres 1889.

W. v. Betzold, Sitzungsberichte der Ak. d. W. zu Berlin, année 1897, p. 414—449.

Ce système de lignes équipotentielles se laisse expliquer en admettant qu'il circule dans les couches supérieures de l'atmosphère des courants galvaniques qui, dans l'hémisphère boréal et vues d'en haut, se meuvent la nuit, dans le sens des aiguilles d'une montre, et, le jour, dans le sens opposé, et inversement pour l'hémisphère austral. Dans sa conférence du 19 décembre 1899 devant la Société Electrotechnique¹ de Berlin, M. von Betzold représente la Terre comme étant, dans les couches supérieures de l'atmosphère, encerclée dans son mouvement diurne par 4 pôles magnétiques placés symétriquement par rapport à l'équateur vers le 40^{ème} degré de latitude. De ces pôles il faut s'en imaginer deux du côté du jour et deux du côté de la nuit, les pôles du côté jour étant de même nom que le pôle magnétique de l'hémisphère considéré, ceux du côté nuit de nom contraire. De plus, l'action exercée sur le côté jour est plus concentrée que celle exercée sur le côté nuit, c'est-à-dire que, si elle est due à des courants, ceux du jour sont plus forts et plus concentrés dans un espace plus restreint. En même temps la force de ces pôles, ou des systèmes de courants qui les remplacent, varie avec la saison. Ils atteignent dans notre hémisphère leur force maximum en juin, leur force minimum en décembre; le contraire a lieu pour l'hémisphère austral. Enfin il convient de mentionner que les pôles du côté jour passent au méridien environ cinq quarts-d'heure avant la culmination du Soleil, c'est-à-dire qu'ils sont en avance sur celui-ci.

Les calculs de Schuster ne sont pas valables pour les régions polaires. En outre il faut observer que la carte dressée par Betzold d'après les chiffres de Schuster représente uniquement la situation telle qu'elle était en 1870. Et la carte ne peut pas, même dans ses détails les plus grossiers, être considérée comme valable pour toutes les années; elle devra montrer en réalité des différences considérables, surtout pendant les années extrêmes de la période des taches du Soleil.

Si l'on faisait pour l'année 1899—1900 des calculs analogues à ceux faits par Schuster pour 1870, on tirerait au clair si les courants de Schuster-Betzold peuvent être réellement considérés comme étant en rapport intime avec les tourbillons les plus intérieurs vers les basses latitudes, du grand système de courants indiqué au § 20.

La comparaison des diagrammes de vecteurs de Bossekop pour 1899—1900 (fig. 1, pl. II) avec ceux des vecteurs pour la même localité en 1882—83 (fig. 2 et 3, même planche) montre que les tourbillons en question peuvent changer extraordinairement de place d'une année à l'autre.

¹ Elektrotechnische Zeitschrift 1900, livraison 8.

Nous avons donc ici devant nous les courants tels qu'ils se comportaient au voisinage d'un minimum des taches du Soleil et au voisinage d'un maximum.

Si nous cherchons à comparer tous les diagrammes des directions de courants en différents endroits pour 1882—83, diagrammes construits pl. II, de la même façon dont nous avons discuté les diagrammes pour 1899—1900, pl. VIII, nous ne réussirons pourtant pas à constater d'une façon certaine quelle a été la position des tourbillons de courants pendant la période 1882—1883.

Il faudrait nécessairement, pour cela, se procurer des diagrammes correspondants pour un plus grand nombre de stations que nous n'en possédons.

Il semble toutefois résulter des matériaux dont nous disposons que, pendant la période en question, les deux tourbillons de courants, à supposer qu'ils existent, ont été plus éloignés l'un de l'autre qu'en 1899—1900 du côté où dans les deux tourbillons les courants sont dirigés vers le Sud, tandis qu'ils ont été relativement plus rapprochés du côté où ces courants allaient vers le Nord.

De plus les »centres« des tourbillons doivent avoir cheminé à des latitudes très-méridionales, de telle sorte que le Fort Rae lui-même s'est trouvé fort au Nord de ces »centres«. Celui des tourbillons dont le mouvement est opposé à celui des aiguilles d'une montre doit avoir été situé le plus au Sud.

Il serait du plus haut intérêt de rattacher les uns aux autres des diagrammes de vecteurs de courants analogues aux miens et construits sur le plus grand nombre possible de points différents, et séparément pour le semestre d'été et celui d'hiver. Si l'on voulait bien les construire pour l'année 1899—1900 pour toute la durée de la journée et me les envoyer, je me chargerais avec plaisir de dresser une carte bien autrement exacte et complète de la marche des courants dans l'atmosphère que je n'ai pu le faire jusqu'ici à l'aide des matériaux malheureusement insuffisants que j'ai eus actuellement à ma disposition.

Esperons que l'année 1902 fera époque pour l'extension de nos connaissances relatives à ces courants, plusieurs expéditions vers le pôle austral devant se livrer alors à l'étude des phénomènes magnétiques dans les régions antarctiques, en même temps que des enregistrements exacts auront lieu dans un grand nombre d'autres observatoires.

Il est à désirer que quelques stations puissent également fonctionner la même année dans les régions boréales.

22. Sur un globe magnétique tournant dans un faisceau de rayons cathodiques.

En 1896, j'ai émis l'hypothèse que le Soleil émet de longs faisceaux de rayons cathodiques qui sont en partie, dans l'atmosphère terrestre, l'objet d'une succion de la part des pôles magnétiques, chaque fois qu'un des faisceaux en question frôle notre planète d'assez près.¹ J'ai cherché à expliquer ainsi la relation existant entre les taches du Soleil d'une part, les aurores polaires et les perturbations magnétiques de l'autre.

Dans deux mémoires publiés depuis lors, j'ai traité de quelques phénomènes se rattachant de très-près aux mêmes questions.²

D'après les résultats précédemment exposés de notre expédition des aurores boréales, il semble qu'il doive y avoir un intérêt considérable à examiner quels phénomènes on observera en exposant un globe magnétique à des radiations cathodiques dans de l'air raréfié. Il serait surtout intéressant de s'assurer s'il ne se développe pas autour d'un pareil globe des courants répondant dans une certaine mesure aux courants électriques qui, suivant toute probabilité, cheminent dans les couches supérieures de l'atmosphère, ainsi qu'il a été dit aux §§ 19 et 20.

J'ai jusqu'à présent fait deux séries d'expériences pour tirer cette question au clair. Dans ces expériences je me suis servi de tubes à décharge de formes et de dimensions variées.

L'électro-aimant sphérique qui devait représenter la Terre était entouré d'une mince écorce en laiton, recouverte d'une couche de cyanure double de baryum et de platine. Elle avait dans la première série d'expériences un diamètre de 40 mm., et de 75 mm. dans la seconde.



Fig. 5.

¹ Archives des Sciences phys. et nat., Genève, juin 1896.

² Même revue, Sept. 1898; voir aussi mon mémoire: Recherches sur les taches du Soleil et leur origine, Videnskabselskabets Skrifter, Christiania 1899.

Le noyau en fer doux de l'électro-aimant avait dans les dernières expériences la forme représentée par la fig. 5 ci-contre. Le fer de l'un des pôles était creusé à la fraise à peu près en conformité avec la carte de Neumayer, représentant les lignes isodynamiques sur l'hémisphère boréal. Une différence de hauteur de 1 mm. entre les plateaux successifs gravés sur la sphère avait été choisie pour correspondre à une différence d'intensité de 0.02 C. G. S. sur la carte en question. On admet donc ainsi qu'il y a autour du pôle Sud de l'électro-aimant une répartition d'intensités répondant qualitativement dans une certaine mesure à la répartition du magnétisme autour du pôle boréal de la Terre. Au point de vue quantitatif, nous ne pouvons malheureusement pas nous procurer des conditions magnétiques conformes, le diamètre du globe en question n'ayant que 75 mm., c. a. d. étant 17.10^7 fois plus petit que celui du globe terrestre.

Car, pour que le rapport entre la courbure des rayons cathodiques et celle du globe devînt convenable, il faudrait que le rayon de courbure de ces rayons fût pour chaque point réduit dans la proportion de $17.10^7 : 1$ par rapport à celui des rayons que nous supposons arrivant des espaces cosmiques et infléchis sous l'action du magnétisme terrestre. Pour cela, il faudrait que l'intensité du champ entourant notre sphère magnétique fut 17.10^7 fois plus grande que l'intensité analogue autour de la Terre, le rayon de courbure des rayons cathodiques étant inversement proportionnel à l'intensité du champ. Nous ne pouvons donc, et il s'en faut de beaucoup, rendre notre sphère assez fortement magnétique, car, comme on le sait, le maximum d'intensité de champ qu'on ait observé entre les pôles d'un puissant électro-aimant avec armature polaire terminée en cône n'est qu'environ 60000 fois plus grand que l'intensité aux pôles d'intensité les plus forts de la Terre.

Nous devons donc nous contenter de rendre notre électro-aimant aussi fort que possible; heureusement la structure purement extérieure que nous observerons dans les phénomènes lumineux ne semble pas varier bien essentiellement avec la force magnétique, pourvu que celle-ci ait déjà atteint une grandeur considérable.

La sphère électro-magnétique était dans mon expérience exposée à un courant de rayons cathodiques à peu près parallèles. Comme source d'électricité chargée de développer ces rayons, nous nous servions soit d'une machine à influence à 20 feuilles, soit d'une bobine de Ruhmkorff. Avec la machine à influence, on obtient un courant continu et par suite un potentiel de décharge relativement minime, même quand le gaz du tube de décharge est très-raréfié; on a par suite l'avantage d'obtenir des

rayons cathodiques faciles à dévier par des forces magnétiques,¹ en même temps qu'ils sont faiblement absorbés par le gaz très-raréfié du tube.

Aussitôt qu'on met l'électro-aimant sphérique en activité, les rayons cathodiques, qui avaient d'abord donné lieu à une phosphorescence régulière de l'hémisphère tourné vers la cathode, sont écartés de la surface de la sphère, sauf en certaines endroits des régions polaires.

On voit ici, au pôle nord comme au pôle sud, les rayons aspirés former un coin de lumière à structure rayonnée pouvant s'observer distinctement jusqu'à 5 cm. de la sphère, et se précipitant obliquement vers le globe.

Ces deux coins lumineux vont frapper la surface de la sphère et s'y manifestent par deux étroites bandes phosphorescentes, une au voisinage de chaque pôle.

Chacune d'elles s'étend à peu près le long du parallèle d'environ 70°, à partir du point de la sphère dans le méridien duquel la cathode culmine et jusque très-avant dans le côté soir du petit modèle de la Terre, la cathode étant supposée représenter le Soleil.

Il n'y a pas de lueurs analogues du côté matin et matinée de la sphère.

Les coins lumineux en question se maintiennent sans grande variation pendant la rotation diurne de la »petite Terre«, seulement la surface de la sphère est frappée à une latitude un peu plus méridionale que de coutume, lorsqu'il est midi dans les régions entourant le pôle d'intensité maximum.

Outre les coins lumineux que l'on voit toujours aspirés vers les régions polaires de l'électro-aimant sphérique, j'ai pu parfois observer jusqu'à 3 tourbillons de courants autour de la sphère; ils se manifestent par des anneaux lumineux bien définis voisins de sa surface. L'un de ces anneaux est équatorial et enceint le petit modèle de la Terre presque à la façon d'un anneau de Saturne. Les deux autres font un demi-tour autour de chacun des deux pôles, pour obliquer ensuite vers les régions équatoriales.

A quelques oscillations près, ces anneaux lumineux conservent leur place dans l'espace pendant la rotation de l'électro-aimant sphérique autour de son axe, mais leur position dépend dans une forte mesure de l'état magnétique de la sphère.

On peut observer, au sujet de ces anneaux lumineux, mais surtout avec l'anneau équatorial, un phénomène excessivement intéressant.

¹ Le rayon de courbure des rayons est directement proportionnel à la racine carrée de la différence de potentiel entre les électrodes du tube de décharge, la force magnétique étant supposée invariable.

On voit que la surface de l'électro-aimant enduite de cyanure double de baryum et de platine devient parfois fortement phosphorescente juste au-dessous de l'anneau lumineux situé en-dehors d'elle. Ceci est surtout frappant du côté de la sphère opposé à la cathode, côté qui reste donc dans tous les cas situé dans l'ombre.

Cette phosphorescence de la surface de la sphère est évidemment due à des rayons cathodiques qui sont probablement émis par les particules gazeuses servant de véhicule à l'électricité et appartenant à l'anneau lumineux voisin, situé à l'extérieur de la sphère.

Ce phénomène pourrait peut-être s'expliquer en rapprochant ces faits des différentes observations relatées par Goldstein au sujet de la structure des rayons cathodiques.¹

Il trouve que les rayons cathodiques de l'espèce K_3 , comme il les appelle, partent de tous les points des rayons K_2 , et de chacun de ces points dans toutes les directions possibles.

Il admet que cette émission diffuse de rayons K_3 émane de toutes les particules d'air frappées par des rayons K_2 .

Comme nous le verrons par ce qui suit, les phénomènes observés sur les anneaux lumineux que je viens de mentionner nous donnent des indications quant à l'origine des arcs et des draperies des aurores boréales.

Je n'ai malheureusement pas pu photographier tous les remarquables phénomènes lumineux observés au cours de ces expériences, mon dernier tube de décharge s'étant brisé par accident, juste au moment où j'allais commencer à les photographier. Pour cette raison je décrirai ces expériences dans un mémoire à part quand je les aurai approfondies, et je remettrai donc à plus tard le compte-rendu des conditions et dispositifs que j'ai trouvés les plus convenables.

23. Nous avons vu dans la discussion précédente de nos résultats d'observation que l'idée que les fortes perturbations magnétiques se manifestant par des effets semblables sur de vastes portions de la surface terrestre sont provoquées par des courants électriques, nous a conduit à admettre l'existence dans les couches supérieures de l'atmosphère de puissants tourbillons de courants à intensité variable, mais à lignes de courants de configuration relativement fixe, dont nous avons cherché, au § 20, à préciser la position. Nous avons précédemment écarté l'objection principale que l'on pouvait opposer à notre hypothèse première,

¹ Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, XL, October 1897.

à savoir que les perturbations sont dues à des courants. L'observation qui a montré que les perturbations se manifestent en apparence à des moments bien différents aux différentes stations dispersées à la surface de la Terre, ne peut plus être invoquée contre notre hypothèse, depuis que nous avons prouvé que les lignes de courants dont il s'agit subissent un mouvement de translation à chaque recrudescence des courants.

Pour expliquer les perturbations magnétiques, on admettait depuis longtemps assez généralement déjà l'existence de courants électriques soit dans le sol, soit dans l'atmosphère.

Une des tentatives les plus intéressantes que l'on ait faites pour expliquer les phénomènes par des courants telluriques est due à Wijkander, dans sa discussion des observations magnétiques faites pendant l'expédition arctique suédoise en 1872—73.¹

Il admet qu'il y a une zone de perturbations dans les régions polaires et que les diverses parties de cette zone entrent périodiquement dans l'état favorable à une production abondante de courants électriques. Ainsi la variation diurne dépend, d'une manière plus ou moins indirecte, de la position du Soleil.

«Le matin, les courants terrestres en général partent du centre de perturbation; le soir, il se font vers ce même point. Bien que ces courants, loin d'être continus, se fassent par secousses et avec des changements fréquents de direction, les observations prouvent qu'ils ne sont point des exceptions, mais qu'en règle générale ils se font toujours sentir avec plus ou moins de force.»

Nous voyons ainsi qu'il y a aussi eu en 1872—1873 dans la même journée deux directions marquées de courants, allant en sens à peu près opposé. Afin de comparer la direction des courants telluriques signalés par Wijkander à nos directions de courants électriques aériens pour 1882—1883, il faut se rappeler qu'on peut s'imaginer les premiers remplacés par des courants atmosphériques dirigés dans chaque cas en sens contraire à celui du courant tellurique supposé; car les perturbations dans les éléments horizontaux s'expliquent aussi bien dans les deux cas.

Dans les tout derniers temps, on s'est cependant de plus en plus habitué à admettre que les causes des perturbations magnétiques sont des courants électriques dans l'atmosphère, sans qu'on soit cependant fixé bien clairement sur les conditions physiques de pareils courants, et

¹ Aug. Wijkander, Kgl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, B. 14, No. 15, Stockholm 1876.

jusqu'ici on ne savait en outre que très peu de chose sur la marche habituelle des lignes de courants.

A la suite des recherches de Schuster et de Betzold, il semble que, sans nul doute, les variations diurnes du magnétisme terrestre ne peuvent être attribuées qu'à de semblables courants dans l'atmosphère. Ultérieurement, Ad. Schmidt,¹ en admettant l'existence de tourbillons de courants se déplaçant dans les couches supérieures de l'atmosphère, a rattaché les unes aux autres diverses particularités bien connues des orages magnétiques.

Nous nous permettons de citer ci-après quelques-unes des intéressantes conclusions du remarquable travail de ce savant:

»On reconnaît qu'aux instants où se produisent de fortes variations à changements rapides, les forces perturbatrices observées sur les points voisins convergent à peu près vers un même point ou émergent d'un même point, tandis qu'aux époques de repos relatif, ils se rapprochent du parallélisme, suggérant ainsi l'idée d'un centre d'action éloigné. On voit encore qu'en général les points de convergence cheminent avec une vitesse dont l'ordre de grandeur se rapproche assez de 1 kilom. par seconde, mais que, souvent aussi, ils restent stationnaires.»

A l'appui de son opinion, et afin d'en rendre mieux compte, il s'attache à quelques exemples typiques, p. ex. l'orage magnétique du 28 février 1896, qui fut poursuivi exactement pendant une heure de 6 à 7^h, temps de Greenwich, à l'aide des observations internationales simultanées faites à l'instigation d'Eschenhagen. Les points d'observation étaient Kiel, Wilhelmshafen, Potsdam, Utrecht, Göttingen, Kew, Darmstadt, Paris, Vienne et Pola.

Il dit encore plus loin:

»Certains résultats obtenus par Wild, Wijkander et autres, sur la position des centres de perturbation les plus importants et les plus actifs, et en outre les constatations déjà faites sur la périodicité diurne des perturbations, et sur leur fréquence variable suivant les directions, permettent de conclure que les tourbillons de courants qui les ont provoquées sont liés de préférence à certaines places déterminées des grands systèmes de courants qui donnent lieu à la variation diurne, à peu près comme pour les minima partiels dans la répartition des pressions atmosphériques, qui se produisent de préférence sur le bord des grandes dépressions. Une des premières besognes auxquelles on devra s'attacher sera de

¹ Ad. Schmidt: Ueber die Ursache der magnetischen Stürme. Meteorologische Zeitschrift Sept. 1899.

se fixer plus exactement sur cette relation, et sur la nature et les allures des tourbillons perturbateurs, leur grandeur, leur intensité, leur vitesse, leur direction de marche etc. Ces constatations contribueront d'ailleurs aussi dans une large mesure à élucider la question de savoir s'il y a différence de principe entre la variation diurne habituelle et les perturbations élémentaires, ou si peut-être il n'y aurait pas une connexion essentielle entre eux, basée sur des transitions continues, ce qui semble en tout cas prouvé au moins en ce qui concerne leur extension dans l'espace et dans le temps. Les rapport existant avec les petites variations de courte durée découvertes par Eschenhagen (celles qu'il appelle les ondes élémentaires), variations qui par leur nature périodique semblent se distinguer nettement des perturbations proprement dites, seraient aussi un objet méritant examen.»

Comme on le voit, M. Schmidt prévoit que les tourbillons perturbateurs de nature relativement locale qu'il a examinées dans une région relativement restreinte de la Terre, font partie d'un système plus vaste de courants; il présume qu'ils se rattachent au système indiqué par Betzold d'après les calculs de Schuster.

Nous avons vu toutefois que le phénomène primaire auquel se rattachent les perturbations magnétiques et les ondes magnétiques régulières, et avec lequel il est permis de croire que la variation diurne du magnétisme terrestre se trouve aussi dans une certaine relation, semble constituer un système énorme de courants variables dans les couches supérieures de l'atmosphère, courants qui semblent avoir leur point de départ dans les régions polaires.

Dans les belles recherches de Carlheim-Gyllensköld sur la forme analytique de l'attraction magnétique de la Terre exprimée en fonction du temps,¹ l'auteur cherche la cause physique de changements séculaires de l'aimantation de la Terre dans une réaimantation continuelle produite par un système de courants électriques cheminant dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Il pense que ces courants sont induits par suite du magnétisme terrestre dans les couches supérieures de l'atmosphère, supposée animée d'un mouvement de rotation uniforme dans le sens contraire à celui du mouvement diurne.

Partant de cette hypothèse, Gyllensköld rend compte par son analyse de la partie principale des changements dans l'aimantation de la

¹ Astronomiska Iakttagelser och Undersökningar. 5, no. 5. Stockholm 1896.

Terre; mais rien ne prouve que ce soient là les lois exactes régissant ce phénomène.

Il serait du plus haut intérêt de rechercher jusqu'à quel point les courants électriques dont on peut constater *expérimentalement* l'existence dans l'atmosphère sur toute la Terre par la méthode que nous avons suivie, suffiront aussi à expliquer les changements séculaires du magnétisme terrestre.

Appendice.

24. Les aurores polaires. On sait depuis longtemps qu'il existe une certaine liaison entre les perturbations magnétiques et les aurores boréales.

Cette liaison ne semble toutefois ni simple, ni directe. En effet, il est clair que ce ne sont pas tout à fait les mêmes conditions qui donnent lieu simultanément aux plus fortes perturbations magnétiques et aux plus fortes aurores boréales. Mais il est certain que quand un de ces phénomènes se manifeste avec une grande intensité, l'autre apparaît à coup sûr, sans qu'on puisse pour cela trouver entre eux aucune proportion bien prononcée dans l'intensité.

J'indiquerai succinctement ci-dessous la notion de la nature et de l'origine des aurores polaires à laquelle semble aboutir la discussion des observations et des résultats de notre expédition des aurores boréales.

Les matériaux accumulés par les observations ininterrompues faites par les membres de l'expédition, chacun à son tour, seront publiés ultérieurement de concert avec ceux de nos photogrammes magnétiques qui présentent de l'intérêt à ce point de vue.

Cependant, nous allons le voir de suite, tandis que les perturbations magnétiques dépendent surtout de la quantité totale des courants électriques qui sont en jeu à chaque instant donné dans les couches supérieures de l'atmosphère, et à proximité du lieu d'observation, les aurores semblent surtout dépendre de la densité des courants en question.

On peut en effet prouver expérimentalement que, lorsque des courants électriques se manifestent dans les hautes couches de l'atmosphère avec une concentration suffisante, on se trouve, dans les régions polaires, dans les conditions voulues pour la production de phénomènes lumineux analogues aux aurores polaires dans toutes leurs formes différentes.

Dans la description des anneaux lumineux observés autour d'un électro-aimant sphérique placé dans un faisceau de rayons cathodiques, j'ai mentionné à la fin du § 22 un phénomène qui a servi de point de départ aux expériences qui vont nous prouver l'exactitude de notre assertion.

Comme on s'en souviendra, j'ai observé un rayonnement diffus de lumière cathodique par les différentes parties des anneaux lumineux nettement circonscrits autour du globe magnétique. Cette observation peut s'expliquer de la même manière que diverses autres dues à Goldstein sur la structure et les propriétés des rayons cathodiques.

D'après ce savant, nous pouvons admettre que des particules gazeuses frappées par des rayons cathodiques peuvent à leur tour émettre diffusément de nouveaux rayons analogues.

J'ai d'ailleurs trouvé antérieurement que les rayons émis par une cathode dans un champ magnétique suffisamment puissant semblent se développer uniquement dans la direction des lignes de force magnétiques. La fig. 1, pl. XI, est la photogravure d'un phénomène de cet ordre s'observant lorsqu'une cathode en forme de croix de Malte est placée au milieu d'une tube de décharge sphérique, le plan de la cathode étant perpendiculaire aux lignes de force magnétiques. En général, il se forme dans le gaz raréfié du tube une colonne lumineuse prononcée, dont la section est partout en forme de croix. Cette colonne part de la cathode à la fois avec des rayons convergents vers l'aimant jusqu'au moment où rencontrant le verre de la paroi, ils y dessinent une croix lumineuse en réduction, et avec des rayons divergents s'éloignant de l'aimant jusqu'à leur rencontre avec la paroi opposée, où ils dessinent une croix lumineuse agrandie.

Plus le gaz est raréfié dans le tube, moins la colonne lumineuse est visible dans l'espace à l'intérieur du tube, mais plus en même temps le dessin de la croix phosphorescente sur le verre devient intense. Dans l'expérience à laquelle se rapportent les phénomènes lumineux de la fig. 1, le gaz était fortement raréfié, afin de montrer clairement que la colonne lumineuse en question était bien formée par des rayons cathodiques, les croix lumineuses dessinées sur le verre étant alors en effet de couleur jaune verdâtre.

Mais en même temps, la colonne elle-même devenait indistincte, d'abord parceque son pouvoir lumineux est faible dans un gaz très-raréfié, et parceque les espaces obscurs de Crookes des deux côtés de

¹ Archives des Sciences phys. et nat. Genève, juin 1896.

la cathode ont une étendue de plusieurs centimètres en raison de la faible pression.

Cette expérience m'a conduit à croire que quand des particules d'air émettent des rayons cathodiques dans un champ magnétique, les rayons ne se développeront, là aussi, que le long des lignes de force magnétiques. Cette hypothèse a été entièrement confirmée, mais avant de décrire les expériences faites à ces fins, je vais rendre compte de quelques expériences antérieures, qui ont servi à tirer mieux au clair le régime des rayons cathodiques sous l'influence des forces magnétiques.

Ainsi la fig. 2 pl. XI, rend compte des phénomènes lumineux présentés par un tube de décharge en forme de poire, sous l'action d'un électro-aimant cylindrique disposé en avant du tube et suivant son axe, de telle façon que les rayons cathodiques se propagent vers un pôle magnétique.¹

On voit comme quoi les rayons sont concentrés par l'action de l'aimant.

Plus instructive encore, en ce qui concerne les détails de ce phénomène de succion par un pôle magnétique, est l'expérience représentée par la fig. 3, où l'on s'est servi d'un tube de Crookes ordinaire à croix de Malte.

En suivant les changements qui ont lieu dans les taches lumineuses disparaissant et se reformant alternativement sur le fond du tube avec les ombres qui s'y dessinent à mesure que l'aimant se rapproche, j'ai réussi² à accorder avec les résultats de mes expériences la théorie de ces phénomènes exposée d'abord par Poincaré, conformément à l'hypothèse de Crookes sur la nature des rayons cathodiques.

M. Poincaré a montré par ses calculs que chaque rayon doit suivre une ligne géodésique sur un cône de révolution conjugué au rayon considéré et ayant son sommet au pôle magnétique.

En développant le cône d'un de ces rayons cathodiques, on obtiendra donc une trajectoire rectiligne. D'après cela le rayon se rapproche de l'aimant jusqu'à une distance minimum, pour rétrograder ensuite en suivant toujours le même cône de révolution. —

Je vais maintenant décrire un élégant phénomène lumineux, dont l'apparence est reproduite en photogravure par la pl. XII. L'expérience ainsi effectuée a montré comme quoi un gaz fortement raréfié, quand on

¹ Quelques auteurs attribuent cette dernière expérience à M. Swinton. Mes expériences étaient cependant déjà publiées dans diverses revues antérieurement aux communications faites par M. Swinton.

² Arch. des Sciences phys. et nat. Sept. 1898.

le fait traverser par des courants électriques suffisamment intenses dans un champ magnétique, émet des rayons cathodiques secondaires qui s'enroulent autour de lignes de force magnétiques, tant dans leur propre direction que dans le sens opposé, de façon à former un tapis continu de rayons le long du courant, lorsque celui-ci a quelque étendue linéaire.

La forme du tube de décharge ressort de la figure. L'anode et la cathode sont fondues dans deux petites boules de verre réunies entre elles par un tube dont le diamètre intérieur pris au milieu ne dépasse pas 3 millimètres. Sur une longueur de 6 centimètres la partie moyenne du tube a été passée à la meule de façon à ne laisser qu'une gouttière demi-cylindrique.

Extérieurement à cet étroit tube intérieur on a soudé un large manchon ellipsoïde en verre.

Dans l'expérience à laquelle se rapporte la figure, la pression du gaz dans le tube de décharge répondait à 0,012 millimètres de mercure. Les courants de décharge étaient produits par une machine d'influence à 20 feuillets, venant de chez Leuner à Dresde, et étaient envoyés dans le tube suivant la direction indiquée par la figure. Quand on faisait l'expérience sans aimant, il se produisait des phénomènes de décharge du genre habituel : en tout cas il n'y avait rien de saillant à remarquer. Si par contre on faisait agir un puissant électro-aimant cylindrique placé sous le tube et à une certaine distance de celui-ci, le pôle sud en haut, les décharges donnaient lieu à un mince rideau de rayons, rappelant d'une façon frappante les draperies de l'aurore boréale.

Nous allons d'abord décrire ici les phénomènes tels qu'ils sautent directement aux yeux ; ils sont indubitablement dûs à des courants venant de la cathode. Plus importants encore au point de vue de l'explication des aurores polaires sont certains autres phénomènes dûs à des courants venant de l'anode, mais qui ne deviennent clairement visibles que dans certaines conditions expérimentales particulières.

La photographie du phénomène reproduit par la pl. XII est prise à droite en haut par rapport à la normale au rideau mince élevée en son point médian. On a procédé de la sorte pour bien faire voir sur l'image combien ce rideau est mince, n'ayant même pas ici 1 millimètre d'épaisseur.

On voit clairement le rideau lumineux couper la paroi interne du manchon ellipsoïde, en haut en avant et en bas en arrière du contour du tube, si l'on veut bien se reporter à notre point de vue.

La photographie est prise au moyen d'un puissant objectif, avec un temps de pose de 10 secondes, sans diaphragme.

La raideur et la rectitude des rayons du rideau ne se manifeste pas aussi bien sur notre planche que dans la photographie originale.

Lorsqu'on laissait l'électro-aimant pôle nord en haut, avec la même direction du courant dans le tube de décharge, le courant était rejeté dans l'espace circonscrit par le gros manchon en verre, au lieu d'être, comme tout à l'heure, forcé de rester enfermé dans l'étroite gouttière demi-cylindrique.

Dans ce cas, on peut cependant aussi observer des rayons — de fines aiguilles lumineuses quelquefois bien distinctes —, le long des lignes de force magnétiques dans la mesure où ils peuvent se développer dans l'espace intérieur limité par le manchon ellipsoïde. Toutefois ces rayons sont peu lumineux dans le cas actuel, mais en revanche ils remplissent la majeure partie de l'espace situé en avant de la gouttière demi-cylindrique, entre celle-ci et le manchon ellipsoïde.

Il ne se forme donc plus ici de rideau lumineux : là seulement où le courant négatif quitte l'étroit tube intérieur, il se produit un faisceau intense de rayons le long des lignes de force magnétiques.

Lorsque le pôle sud de l'électro-aimant est tourné en haut, de façon à former un rideau lumineux, on voit aussi que celui-ci est plus fortement lumineux du côté tourné vers la cathode que du côté tourné vers l'anode. Dans notre photogravure, plusieurs des rayons les moins lumineux sont effacés vers le pôle positif. Il semble d'après cela que ce soient précisément des rayons émis par l'électrode négative qui donnent l'éveil aux rayons secondaires formant le rideau. Peut-être, comme Goldstein croit l'avoir prouvé par ses expériences, sont-ce les particules gazeuses frappées par les rayons cathodiques qui émettent diffusément de nouveaux rayons.

Si les rayons émis par la cathode réussissent à ramper le long de la paroi du tube interne, sans se laisser dévier vers le verre par les forces magnétiques intenses, de telle sorte qu'ils cessent de se propager, cela est dû soit directement à une répulsion électrostatique, soit à une espèce ou l'autre de réflexion des rayons contre le verre.

Ce ne sont toujours pas les particules vitreuses de la gouttière demi-cylindrique qui émettent à l'état diffus les rayons formant le rideau lumineux : c'est là ce qu'on peut conclure de l'expérience précédente, où l'électro-aimant avait son pôle nord en haut, le courant de décharge étant alors rejeté dans l'espace circonscrit par le gros manchon externe. On observait alors en effet, le long des lignes de force magnétiques, des rayons lumineux traversant l'espace libre situé à l'intérieur du récipient,

et il y a lieu de croire que ces rayons étaient principalement diffusés par les particules gazeuses servant de véhicule au courant de décharge.

Si aux lieu et place de la machine à influence, on emploie comme source de courant une forte bobine de Ruhmkorff avec interrupteur de Wehnelt, on obtient un rideau complet, également développé vers le côté positif : mais il se produit en même temps tant de lumière dans le manchon extérieur que le phénomène ne se manifeste pas à beaucoup près d'une façon aussi distincte.

Il est possible de concevoir encore d'une autre façon la formation des rideaux lumineux. On peut en effet imaginer que les rayons de la cathode réussissent peu à peu à dépasser les bords de la gouttière demi-cylindrique pour être ensuite immédiatement forcés de se propager le long des lignes de force magnétiques en s'enroulant autour d'elles. L'ensemble des rayons donne ainsi lieu au rideau à structure rayonnée.

Nous arriverons sur ce point, par les expériences qui vont suivre, à une conception plus arrêtée.

Pour ce qui est de la couleur du rideau lumineux en question, nous constatons qu'elle varie fort avec la pression du gaz et, dans une certaine mesure, avec l'intensité du courant de décharge.

Dans de l'air soumis à une pression relativement considérable, et plus élevée que celle sous laquelle les rayons cathodiques se manifestent par une phosphorescence des parois du tube de décharge, le rideau lumineux a une couleur gris-jaunâtre.

A une pression un peu plus basse, la couleur devient plutôt rougeâtre. Quand le gaz du tube est fortement raréfié, les rayons du rideau deviennent blancs, avec un ton bleu-violet, mais les rayons proprement dits, apparaissant d'une façon distincte, sont nettement entourés d'un manteau lumineux de couleur orange, avec délimitation peu prononcée. Ceci apparaît surtout bien lorsque le pôle nord de l'aimant est tourné vers le haut, de telle façon que le courant de décharge se trouve lancé dans l'espace en avant de la gouttière demi-cylindrique. Comme je l'ai déjà dit, outre quelques faibles aiguilles lumineuses ou fils apparaissant dans tout l'intérieur du tube, il se produit aussi un faisceau lumineux intense à l'extrémité négative de la gouttière demi-cylindrique; cette radiation est magnifiquement colorée, l'intérieur en bleu-violet-blanchâtre, et entourée d'un manteau lumineux distinct de couleur orange.

J'ai observé ces phénomènes non-seulement dans l'air, mais aussi dans l'hydrogène, l'argon et l'hélium : Ces deux derniers gaz avaient été gracieusement mis à ma disposition par M. W. Ramsay.

Voici un extrait de journal d'observations au sujet de cette expérience :

Avec l'hydrogène. Déjà avec une pression atteignant 0mm0785, il se produisait un rideau lumineux, les rayons étaient distincts, minces et monochromes — lilas presque blanc —. Il y avait une grande différence de pouvoir lumineux du côté négatif au côté positif, mais le rideau apparaissait presque partout.

Après un coup de pompe, on mesura une pression de 0mm0465. Le rideau lumineux plus saillant qu'auparavant, mais toujours à peu près de la même couleur. A la pression de 0mm029, la couleur était un peu plus bleuâtre. Il se produit alors à l'extrémité négative une forte phosphorescence verte du tube, due à des rayons cathodiques.

A la pression de 0.0184, le rideau était plus régulier et plus large. Puissants rayons cathodiques.

A 0mm0109 le rideau commençait à se rétrécir à l'extrémité positive.

Après un coup de pompe, le rideau devint encore plus étroit ; après un coup encore, la diminution continua, et la lueur s'affaiblit.

Avec l'argon. A la pression de 0.025, le rideau était certes développé, mais sans structure rayonnée distincte, sa couleur rose. A l'extrémité négative du tube, il y avait de la lumière négative bleuâtre sans rayons cathodiques susceptibles de provoquer la phosphorescence du verre. A 0.0160 le rideau était élargi. Les rayons violet-clair au milieu, et entourés d'un manteau rouge.

A 0.0096, les rayons du rideau devenaient encore plus distincts. Les rayons cathodiques se révélaient par la phosphorescence de l'extrémité négative du tube.

A 0mm0065, les rayons étaient plus intenses et plus distincts, mais le rideau moins large qu'auparavant.

Après un coup de pompe, la situation restait à peu près la même ; après un coup encore, le rideau lumineux avait une largeur considérablement réduite.

Avec l'hélium. Sous une pression de 0mm12, on observait un rideau lumineux étroit et gris sans rayons distincts. A 0.065, le rideau était un peu plus large. A 0.0445, le rideau était beaucoup plus large ; il offrait une coloration verte prononcée.

A 0.0305, c'est tout juste si on distinguait des rayons dans le rideau, qui continuait à s'élargir. A 0mm0179 le rideau couvrait presque entièrement la gouttière demicylindrique.

A une pression de 0mm0132, on constatait de la lumière cathodique, et le rideau était d'une structure plus fortement rayonnée qu'auparavant.

Sous 0mm00847 de pression, le rideau était bien prononcé, mais il y avait en-dehors de lui beaucoup de lumière dans le tube. Rayons cathodiques marqués.

A une pression de 0mm00563, il y avait des rayons cathodiques plus forts et une structure plus distinctement rayonnée. La couleur verte bien distincte qu'avait au début le rideau dans l'hélium, avait plus tard diminué et finalement disparu. La couleur est devenue d'un gris-violet tirant sur le blanc.

On donna encore 3 coups successifs de piston, et le rideau devint de plus en plus étroit et de plus en plus indistinct.

Comme il a été dit au § précédent, M. Goldstein a montré que lorsqu'on fait des décharges dans des gaz raréfiés, les rayons K_2 émettent de chacun de leurs points des rayons diffus K_3 partant dans tous les sens.

Il dit à leur sujet ¹ :

¹ l. c., p. 913.

»Les rayons diffus ont dans beaucoup de cas une couleur tout-à-fait différente de celle des rayons émettants K_2 ; dans l'oxygène, les rayons K_2 sont violets, les rayons K_3 , suivant la plus ou moins grande raréfaction du gaz, jaunes, jaune-verdâtre ou gris; dans l'acide carbonique, la lumière K_2 est bleu-clair, K_3 blanc verdâtre; dans l'hydrogène, K_2 bleuâtre, K_3 blanchâtre et ainsi de suite.»

Comme je l'ai déjà signalé, on peut, dans des conditions spéciales d'expérience, observer à l'extrémité positive de la gouttière demi-cylindrique des phénomènes lumineux présentant bien plus d'intérêt que le rideau qui vient d'être décrit comme se produisant à l'extrémité négative de la gouttière.

Si en effet on affaiblit le courant de décharge en tournant lentement les plateaux de la machine à influence, en même temps qu'on rend la force magnétique assez puissante, on voit sortir par l'ouverture du tube interne, large de 3 millimètres, un ou plusieurs rubans lumineux qui se déroulent en spirales plus ou moins parallèles, sur une longueur considérable. J'ai estimé que la longueur totale de certains de ces rubans pouvait atteindre 30 centimètres.

Pendant mon expérience, le tube de décharge était placé juste au-dessus de l'aimant cylindrique de telle sorte que l'axe du tube se trouvait placé perpendiculairement à celui de l'aimant. L'aimant avait une longueur de 60 cm. avec un noyau en fer doux de 10 cm. de diamètre.

Les rubans lumineux dont je parlais il y a un instant se développaient dans un plan passant par l'axe du tube et perpendiculaire à celui de l'aimant : ils avaient une forme tout-à-fait aplatie, et semblaient composés d'un grand nombre de rayons lumineux serrés les uns contre les autres, et parallèles en chaque point aux lignes de force magnétiques. La longueur de ces rayons pendant en nappes variait beaucoup avec l'intensité de la décharge et la force de l'aimant. Ils avaient le plus généralement une longueur de 4 à 5 cm. à l'embouchure même du tube étroit; vers l'extrémité du ruban la longueur des rayons pouvait être de 1 à 2 cm.

Les rubans lumineux formaient évidemment la continuation d'un étroit cordon lumineux blanc, qui se tenait serré contre la paroi du tube intérieur étroit et du côté où le courant était refoulé par la force magnétique.

Si le tube de décharge est placé près de l'aimant, les rubans lumineux tourbillonnent à l'intérieur avec de nombreuses circonvolutions en spirales serrées, et on y observe des mouvements désordonnés. Parfois il peut, dans ces conditions, se produire un phénomène nouveau, en ce

que le long des lignes de force magnétiques, plusieurs grosses colonnes assez fortement lumineuses surgissent comme des éclairs ou des dards dans tout l'espace circonscrit par le manchon extérieur en verre. Ces colonnes s'élèvent librement dans l'espace et sont nettement séparées par des gaz relativement obscurs; je les ai vues à 1 cm. les unes des autres. Elles se produisent surtout bien lorsqu'on intercale un petit interrupteur d'étincelles dans le fil conducteur arrivant au tube de décharge.

Si le tube de décharge est situé plus haut relativement à l'aimant, les rubans se développent plus tranquillement; on les distingue plus nettement les uns des autres, quand il y en a plusieurs, et ils se déroulent en plusieurs tours de spirale jusqu'au moment où ils sont arrêtés par le verre.

Un des phénomènes les plus remarquables qu'on puisse observer avec ces rubans et les rayons en girandoles dont ils semblent être constitués, c'est leur sensibilité vis-à-vis des actions électrostatiques.

Si l'on met le doigt sur un point du manchon ellipsoïdal au voisinage du plan dans lequel se développent principalement les rubans lumineux, on voit immédiatement ces rubans être attirés et se rapprocher, parfois de plusieurs centimètres, du point où l'on a posé le doigt.

Si au contraire, on met le doigt sur le verre en un point situé en prolongement des rayons composant les rubans, on voit ces rayons se raccourcir dans la direction du doigt, alors que, par exemple, ils étaient assez longs pour traverser de part en part l'espace renfermé dans le manchon ellipsoïdal, il se peut qu'ils se trouvent maintenant raccourcis de 2 à 3 cm. dans la direction du point où l'on a posé le doigt.

Si l'on faisait dévier un peu le tube de décharge, de telle façon que son axe ne fût plus perpendiculaire à celui de l'aimant, on voyait les rubans lumineux se répartir à peu près entre deux plans, l'un passant par le centre de l'embouchure du tube intérieur étroit et perpendiculaire à l'axe de l'aimant, et l'autre par l'axe du tube perpendiculairement au plan des deux axes.

Si l'on rend le courant de décharge de plus en plus fort en tournant de plus en plus rapidement les plaques de la machine à influence, on voit disparaître peu à peu l'impression de rubans distincts laissée par les décharges ayant eu lieu avec un courant faible; les rubans se multiplient en devenant de moins en moins distincts, et se jettent de plus en plus confusément de côté et d'autre, si bien que finalement l'espace tout entier semble rempli par les décharges.

On observe alors que les rayons ou aiguilles lumineuses qui traversaient d'abord les rubans semblent s'élancer dans tout cet espace, mais

surtout bien distinctement au voisinage et au côté positif de l'embouchure du tube étroit. Par un examen peu approfondi, on ne voit dans ce cas à l'extrémité positive de la gouttière demi-cylindrique qu'un nuage lumineux, comme à la pl. XII.

Ces phénomènes sont en effet très-fugitifs et d'une faible intensité lumineuse, et ne se laissent pas photographier.

On comprendra sans peine, par la description qui précède, à quel point et combien nettement les phénomènes lumineux ici observés rappellent les différentes formes d'aurores boréales, rubans, rideaux, fils : même les dards dans une couronne ont ici leurs analogues dans les colonnes lumineuses qui se produisent tout-à-coup lorsque le tube de décharge est voisin de l'aimant.

S'il me fallait reproduire quelques-uns des rubans que j'ai observés, mes dessins ressembleraient beaucoup aux dessins des bandes-types d'aurores boréales que l'on trouve reproduits dans plusieurs relations d'expéditions polaires ; je pourrai ainsi renvoyer tout spécialement à la fig. 50 des »Beobachtungs-Ergebnisse« de la station polaire autrichienne à Jan Mayn, Tome II, 1^{re} partie.

Pour obtenir de la façon la plus convenable les bandes aurorales artificielles dont j'ai parlé plus haut j'ai fait construire un tube de décharge représenté par la fig. 6 :

La cathode était placée dans un tube en verre de 3 cm. de diamètre, replié deux fois à angle droit, avant de déboucher dans un récipient sphérique ayant 15 centimètres de diamètre. Cette disposition était adoptée afin qu'aucune espèce de rayons cathodiques ne pût pénétrer dans la grosse sphère.¹

L'anode était disposée dans une petite sphère de 4 centimètres de diamètre, à laquelle était soudé un étroit tube en verre ayant 5 millimètres de diamètre intérieur.

Ce tube débouchait tout près du centre de la grosse sphère à laquelle il était soudé comme l'indique la figure. Celle-ci indique également la position de l'aimant : c'était le même puissant électro-aimant cylindrique que j'ai déjà mentionné auparavant, et qui dans la présente expérience avait son pôle sud tourné vers le haut.

Le courant parcourant le tube de décharge était fourni par une machine ordinaire de Holz avec rotation lente du disque de verre.

Le tube de décharge doit être vidé d'air assez complètement, de telle sorte que les parois intérieures et les électrodes soient bien exemptes de gaz occlus.

¹ Goldstein : Ueber die Structur des Kathodenlichts, l. c., p. 907.

Au cours de l'expérience, la pression du gaz doit être telle que la différence de potentiel entre les électrodes soit voisine de 10000 volts.



Fig. 6. Bande aurorale artificielle.

On voit par la figure comment sous l'action des forces magnétiques le courant positif de décharge prend la forme d'une bande, qui vue par en haut, s'enroule en une spirale de sens normal. Si l'on retourne les pôle de l'aimant, la spirale tourne à rebours. Les aiguilles lumineuses qui rayonnent de la bande de lumière le long des lignes de force magnétiques peuvent souvent être plus longues et plus prononcées que ne le montre la figure.

Lorsque le courant de décharge devient plus fort, on voit souvent une série de bandes lumineuses s'enroulant en spirales les unes à côté des autres.

Si l'on fait tourner le tube de décharge autour d'un axe situé dans le plan du dessin perpendiculairement à l'axe de l'aimant, la bande lumi-

neuse continuera à se produire à peu près de la même façon qu'auparavant, mais avec des allures notablement plus irrégulières. La bande se produit même plus facilement, lorsque le petit tube partant de l'anode est placé obliquement par rapport à l'axe de l'aimant.

J'ai pu dans une sphère de 22 centimètres de diamètre obtenir une bande lumineuse spirale d'une longueur totale de plus de 70 centimètres.

On peut aussi s'arranger de telle sorte que l'anode circulaire soit elle-même placée au centre de la grosse sphère, et l'on évite ainsi de conduire le courant positif à travers le mince tube de verre. Sous l'influence de l'aimant on voit alors encore se développer sans difficulté une belle bande lumineuse simple, à structure rayonnée, partant d'un point de l'anode et s'enroulant en spirale autour d'elle, tout comme la bande lumineuse déjà mentionnée.

Dans cette expérience, ni la force magnétique ni le courant de décharge ne doivent être trop forts, car alors le courant positif rayonnerait de chaque point du contour de l'anode, et il en résulte autour de celle-ci une auréole de rayons d'une forme singulière. Lorsque l'anode est formée d'une petite croix de Malte, cette auréole est un phénomène très-brillant.

Les bandes aurorales artificielles que je viens de décrire sont en général très-mobiles et très-changeantes. Dans certaines conditions convenables seulement, il y a une tranquillité relative et la bande se développe alors avec une beauté ravissante.

Les rayons qui s'y forment varient de longueur, jouent et dansent comme les »merry dancers« des bandes aurorales.

La bande produite présente alors une telle analogie avec les bandes aurorales, qu'en assistant à cette expérience le doute est impossible : on voit jusqu'à l'évidence que les deux phénomènes sont apparentés de très-près.

La rotation dans les spirales lumineuses des bandes est en sens inverse de celle qui se produirait, si la force magnétique eût agi sur un conducteur de courant flexible; ce qui est bien singulier. Ceci prouve clairement que cette rotation doit être due à quelque action secondaire, et non à l'action primaire de la force magnétique sur le courant de décharge.

Cette anomalie remarquable se laisse encore constater d'une autre manière.

Le tube de décharge représenté fig. 6, est retourné de telle sorte que le petit tube qui partait précédemment de l'anode devienne perpendiculaire à l'axe de l'aimant, après quoi le courant de décharge est

changé de sens de façon à ce que la bande positive de courant aille maintenant du tube recourbé au gros ballon.

On voit alors de l'embouchure du tube étroit, au centre du ballon, jaillir le long de l'axe de l'aimant une colonne lumineuse intense, formée de rayons négatifs : cette colonne est immobile et raide. Dans cette colonne négative se fond bientôt la bande positive qui s'est élargie dans l'intérieur du ballon par radiations secondaires d'aiguilles lumineuses distinctes, tombantes et dansantes, longues de 5 à 6 centimètres.

La bande finit par être totalement absorbée par la colonne lumineuse négative, mais le ruban ne se dirige pas en droite ligne sur la colonne : il s'en approche en formant une petite spirale. Cette spirale, qui change de sens lorsqu'on intervertit les pôles de l'aimant, est aussi de sens contraire à celui auquel donnerait lieu un conducteur de courant flexible, qui serait soumis à l'action de la force magnétique.

Nous nous trouvons ici en face d'un phénomène qui semble éclairer un des points difficiles rencontrés précédemment.

Nous avons au § 19 discuté la raison possible qui fait que le courant électrique dans l'atmosphère de notre hémisphère oscille de gauche à droite par chaque recrudescence du courant, pour un observateur regardant dans le sens de ce courant.

On se fût attendu, en raison du magnétisme terrestre, à une oscillation en sens inverse.

Il se peut que la raison de l'oscillation que l'on a observée soit de nature secondaire, comme celle qui fait tourner en sens contraire à nos prévisions les spirales de notre expérience.

Le résultat principal de ces expériences est qu'avec de faibles décharges à travers des gaz raréfiés dans un champ magnétique, le courant positif se propage à travers l'espace en rubans distincts bien limités.

Les rubans de courants laissent rayonner à leur tour des rayons cathodiques secondaires, ou en tout cas des rayons apparentés, et subissant comme eux l'influence des forces magnétiques. Les rayons émis à titre secondaire se développent en effet uniquement le long des lignes de force magnétiques, ainsi que j'ai montré antérieurement que le faisaient les rayons cathodiques.

Il semble ressortir du résultat ci-dessus que les molécules gazeuses qui transportent le courant électrique dans des gaz raréfiés émettent toujours des rayons cathodiques diffus. Ceci peut être considéré comme une

généralisation des conclusions de Goldstein, que les masses gazeuses frappées par des rayons cathodiques émettent les radiations secondaires à l'état diffus.

25. Nous avons trouvé que dans les régions polaires, dans les couches les plus élevées de l'atmosphère, cheminent de puissants courants électriques qui semblent souvent, dans les localités où l'on a pu étudier leur allure, suivre de près, d'une façon très-frappante, la même direction que la ceinture maximum des aurores boréales (voir p. 28).

Par les recherches décrites au § précédent, nous avons de plus établi comme excessivement probable que sous l'influence du magnétisme terrestre de pareils courants électriques doivent donner lieu à des phénomènes lumineux tout-à-fait analogues à ceux qu'on constate dans les aurores des régions polaires.

Pour cette raison, nous allons chercher à préciser, en nous basant sur l'expérience acquise au cours de nos essais, dans quelles conditions spéciales on doit supposer que se produisent les principales formes différentes d'aurores boréales, et nous verrons que toutes les propriétés caractéristiques de la lumière polaire se laissent expliquer très-naturellement en partant de notre manière de voir.

Pour chacune des formes d'aurore boréale que nous allons énumérer plus bas, et entre lesquelles on fait généralement une distinction, les caractères et les propriétés les plus essentiels vont être relatés conformément aux travaux d'autres observateurs et plus spécialement à ceux de Carl Weyprecht.¹

Bandes. Phénomènes irréguliers, très variables dans leur forme, laissant presque constamment l'impression d'une bande allant à la dérive dans l'atmosphère, beaucoup plus longue que large, et recourbée généralement en boucles et en plis. Elles se composent soit de matière lumineuse inégalement répartie, soit de rayons pressés les uns contre les autres, et dont les intervalles sont remplis de matière lumineuse.

Les bandes peuvent s'étendre dans n'importe quelle direction, cependant elles ont une tendance marquée à se diriger à peu près vers l'Est-Ouest magnétique.

Si dans les bandes, on trouve des rayons développés distinctement, parallèles aux lignes de force magnétiques, et ordonnés en séries, ces

¹ Die Nordlichtbeobachtungen der Oesterreichisch-Ungarischen Arctischen Expedition 1872—74. Wien 1878.

rayons sont le plus souvent développés dans le sens du zénith, de telle sorte que la bande elle-même forme la large lisière inférieure de la série de rayons. Parfois cependant, les rayons dépassent aussi de beaucoup le bord inférieur et sont tournés vers le sol. Des vents violents semblent exercer une influence sur les bandes; surtout après une tempête, celles-ci semblent excessivement déchiquetées avec des modifications continuelles de forme et de position.

Conformément à ce que nous avons appris par nos essais, il semble naturel de concevoir une bande d'aurore boréale comme un phénomène lumineux se produisant lorsqu'un rameau limité et suffisamment concentré d'un courant électrique de même espèce que le courant positif d'un tube de décharge s'élance entre les couches supérieures de l'atmosphère à peu près parallèlement à la surface de la Terre. Les rayons qui s'échappent des bandes vers le zénith et parfois vers le sol sont des phénomènes secondaires dûs à ce que les masses d'air traversées diffusent des rayons négatifs qui, contraints par le magnétisme terrestre, se rangent en rideaux lumineux à structure rayonnée, tout comme dans nos expériences. Les transformations et les soubresauts parfois très-rapides que l'on peut observer dans les bandes, surtout après une tempête, peuvent être supposés d'après nos expériences provoqués par des influences électrostatiques. En effet, d'une part, les rayons diffusés par les bandes (et dont la longueur dans le sens vertical peut souvent être estimée à plusieurs dizaines de kilomètres) provoquent dans l'atmosphère même des charges électrostatiques qui réagissent à leur tour sur les bandes, et d'autre part, le frottement considérable qui se produit entre les couches aériennes pendant une tempête donnent lieu dans l'atmosphère à des décharges électriques fortement variables.

Quant à savoir dans quelle direction les rayons se développeront de préférence, vers le zénith ou vers le sol, cela dépendra certainement en tout premier lieu de la densité des couches atmosphériques, mais peut-être encore bien plus de l'action électrostatique exercée par la Terre.

Arcs. Ils sont en relation très-intime avec les bandes aurorales. Ce sont des phénomènes à peu près réguliers, affectant à peu près la forme de l'arc-en-ciel, qui montent ou qui descendent du Nord ou du Sud magnétique, du zénith ou vers le zénith.

L'arc se produit de préférence au début d'une aurore boréale; ses pulsations tranquilles et sa longue durée constituent ses caractères essentiels. La largeur des arcs varie depuis l'arc ayant l'épaisseur d'un fil, jusqu'à la masse lumineuse occupant à peu près la moitié du firmament.

Les arcs sont le plus souvent nettement délimités sur leur bord inférieur, sans contours précis vers le haut, lorsque leur lumière se trouve régulièrement répartie sans laisser voir de rayons.

La direction générale des arcs est à peu près la même que la direction moyenne des bandes, et est le plus souvent à peu près perpendiculaire au méridien magnétique.

Ainsi que les bandes aurorales, les arcs peuvent être considérés comme des lueurs produites dans les couches les plus hautes de l'atmosphère par des courants électriques suffisamment concentrés et délimités, parallèles à la surface de la Terre.

Pour décider si la direction, l'intensité et la position des courants électriques dans l'atmosphère, autant qu'on en peut juger à l'aide des perturbations magnétiques, sont en rapport avec la production et la direction des arcs auroraux, j'ai comparé les courants simultanés avec les observations d'aurores boréales qui ont été faites par notre expédition en 1899—1900, et j'ai en outre mis en œuvre une partie des matériaux recueillis en 1882—1883 à Bossekop et à Jan Mayn.

Pour résumer ces recherches, je dirai seulement que les aurores boréales intenses et très-mobiles coïncident clairement en tous lieux et en tout temps avec des perturbations magnétiques intenses et à alternances rapides.

Dans ce cas, il y aurait lieu d'admettre que les courants qui se manifestent sont assez fortement concentrés le long de certaines lignes de courants en oscillations de translation.

En ce qui concerne les formes d'aurore les plus fréquentes, arcs et bandes, il semble que les arcs se montrent à la fois pendant des perturbations magnétiques de faible et de forte intensité. Bien souvent, il était impossible de rien décider quant à la position de la ligne moyenne de courant relativement à l'arc auroral, mais lorsque la chose était possible, on a constaté qu'on voyait toujours l'arc là où le courant a passé, et que le plus souvent sa direction est à peu près celle du courant.

Il convient cependant de faire remarquer ici que si, sur un point donné, on observe un arc auroral éloigné, p. ex., très-haut vers le Nord, la branche de courant très-dense que nous supposons donner naissance à l'arc ne pourra souvent pas être supposée agir sur les magnétomètres du lieu d'observation aussi fortement que d'autres courants ayant peut-être moins de densité, mais une grande intensité totale, et cheminant dans les couches atmosphériques dans le voisinage immédiat.

De pareils cas se sont pour sûr présentés assez fréquemment à Bossekop pendant l'hiver de 1899 à 1900.

Les bandes aurorales avec mouvements et les rideaux semblent ne se former que sous l'influence d'un fort courant à variations continues.

Des variations subites des perturbations magnétiques et par suite aussi des courants électriques de l'atmosphère semblent très-souvent être concomitantes avec une scission des bandes aurorales ou des arcs, ou avec la formation soit de nouvelles bandes, soit de nouveaux arcs.

Lorsqu'on voyait par les perturbations que le courant cheminait au Nord de Bossekop et au Sud de Jan Mayn, les aurores boréales observées à Bossekop se sont montrées dans le Nord, tandis qu'à Jan Mayn, on les voyait généralement au Sud.

Il résulte des diagrammes des vecteurs de courants, pl. II, qu'aux stations polaires de 1882—1883, les courants les plus puissants avaient une forte tendance à aller vers l'Est ou vers l'Ouest, ce qui semble s'accorder bien avec le fait que les arcs se développent principalement dans une direction à peu près perpendiculaire au méridien magnétique. A Bossekop, le point culminant des arcs auroraux se trouve d'ailleurs le plus souvent assez à l'Ouest de méridien magnétique; ceci concorde bien avec la constatation que, dans cette localité, les courants ont une direction soit Sud-Ouest soit Nord-Est.

Le mouvement spécial aux arcs auroraux et aux bandes aurorales, perpendiculairement à leur direction longitudinale vers le Nord ou vers le Sud magnétique, est un phénomène analogue aux oscillations translationnelles des lignes de courants, lors de chaque recrudescence, qui comme nous l'avons vu, se manifeste dans les courants électriques cheminant dans les couches supérieures de l'atmosphère entre les stations de Pawlowsk et de Toronto.

Nous avons trouvé qu'à ces latitudes la translation latérale des lignes de courant peut généralement avoir lieu avec une vitesse correspondant à 100 kilom. par minute. Les bandes aurorales qui, dans les régions polaires, passent à côté du zénith, se déplacent souvent, à ce qu'il semble, avec une vitesse de 300 m. par seconde.

Les migrations annuelles et undécennales des arcs et des bandes, ou la translation vers d'autres latitudes de leur zone de plus grande fréquence, doivent, si notre conception est correcte, être accompagnées de translations annuelles et undécennales analogues du courant électrique dans les couches supérieures de l'atmosphère. Ces questions ne sont pas encore assez approfondies, et il faudra déduire des perturbations magnétiques la direction des courants et leur position dans les années voisines des maxima et des minima des taches du Soleil.

Pour de pareilles recherches, il conviendrait d'avoir de préférence des matériaux empruntés à plusieurs stations polaires situées à 500—1000 kilomètres les unes des autres, de côté et d'autre de la zone des aurores.

Si l'on compare la période diurne des aurores boréales à la période diurne du courant de l'atmosphère, on remarque bien vite que l'époque du maximum ne coïncide pas pour les deux phénomènes. Lorsque le courant est d'une grande intensité sans variations ni grosses ni fréquentes, il y a souvent assez peu d'aurores boréales au sens ordinaire, mais autant que j'ai pu l'observer, tout le ciel est toujours couvert d'une lueur régulière plus ou moins faible.

Cette différence entre les deux phénomènes n'invalide en rien notre hypothèse, car nous avons précisément vu par nos expériences que c'est spécialement quand le courant est faible, qu'il a la faculté de se concentrer en bandes minces. Lorsque l'intensité du courant s'accroît, il remplit de plus en plus tout l'espace dont il dispose, en même temps qu'en chaque point donné sa densité devient moins grande qu'auparavant.

La lumière tranquille, souvent intense et régulière, qui forme par en bas la délimitation des arcs auroraux lointains du côté du segment que l'on appelle segment obscur, est probablement la lumière de couches atmosphériques peu lumineuses, mais très-larges, servant de conducteurs aux puissants courants perturbateurs dans les couches supérieures de l'atmosphère.

De pareils arcs n'ont souvent pas de contours précis par en haut. On peut imaginer que les courants dans l'atmosphère ont une largeur considérable comparativement à la hauteur des couches d'air traversées par eux. Alors plus les courants passent près du zénith du lieu d'observation, plus minces sont les couches d'air illuminées dans lesquelles notre regard pénètre, et par suite elles paraissent d'autant moins lumineuses.

On observe souvent dans les régions polaires de faibles illuminations de l'air sur toute l'étendue du firmament.

Wijkander dit dans son mémoire¹:

»Tous ceux qui ont fait quelque séjour dans les régions arctiques ont observé qu'en hiver la nuit n'y est jamais aussi obscure que dans les contrées plus méridionales et que, sans qu'on puisse découvrir aucune trace distincte d'aurore boréale, le ciel y offre un aspect plus clair et un peu grisâtre. Ce cas se présente même assez souvent à des latitudes moins élevées, p. ex. en Scandinavie. Quant à son origine, ce phéno-

¹ l. c., p. 53.

mène provient peut-être en grande partie des faibles courants électriques qui passent continuellement par l'atmosphère. Bien des fois, au moyen du spectroscopie, je suis parvenu à prouver l'existence de la lumière de l'aurore boréale, quoiqu'il ait été impossible de la découvrir à l'œil nu.»

Des observations analogues ont été faites par Lemström à Sodankylä en 1882—1883. Elles sont décrites au 3^{ème} vol. des rapports sur l'Expédition polaire Finlandaise.¹

Etant donnée notre conception des arcs auroraux, on pourra facilement se représenter d'une façon plausible la cause pour laquelle, sous des arcs éloignés, on voit souvent un »segment obscur«. D'ordinaire, ce phénomène est attribué tout simplement à l'effet du contraste.

Nordenskiöld a désigné ce segment par un nom bien expressif : il l'appelle segment non-lumineux.²

D'accord avec ce que j'ai mentionné plus haut, il semble naturel d'admettre que l'air situé au-dessous de la délimitation fortement lumineuse de l'arc auroral est obscur parceque, dans ces couches atmosphériques basses et lointaines, il ne passe pas de courants électriques, tandis que l'air situé au-dessus de l'arc, jusqu'au lieu d'observation et au-dessus de ce dernier, est faiblement éclairé parceque, dans cette région, il passe partout des courants dans les couches supérieures de l'atmosphère.

On peut citer, à l'appui de cette manière de voir, une observation intéressante de Carlheim-Gyllensköld.³

»Mais l'apparence sombre du segment ne dépend pas seulement du contraste avec l'arc auroral : dans l'observation citée, le ciel était en effet couvert d'un voile faiblement lumineux dont on a pu constater la présence à l'aide du spectroscopie. Mais en braquant le spectroscopie sur le segment obscur, on n'y a pas vu la raie caractéristique de l'aurore boréale.«

Une observation semblable a été faite ultérieurement.

Fils. »Rayons lumineux excessivement ténus d'une longueur très-variable, dans la direction du zénith magnétique.

Ils sont toujours groupés de telle sorte qu'ils offrent l'image d'un éventail couvrant une fraction plus ou moins grande du firmament. Ils ne sont pas reliés entre eux, mais séparés par des espaces sombres.

¹ Sur les phénomènes de lumière, naturels et artificiels, de la nature de l'aurore boréale. T. 3. Helsingfors 1898.

² Nordenskiöld : Sur les aurores boréales vues pendant l'hivernage de la Vêga.

³ Carlheim-Gyllensköld : Aurores boréales. Observations faites au Cap Thorsen par l'expédition suédoise 1882—1883. Tome II, 1. Stockholm 1886.

Le mouvement des rayons est tout particulier. Ils s'allongent ou se raccourcissent dans le sens vertical, mais rarement avec une bien grande vitesse, assez peu par propagation de la lumière de bas en haut ou inversement, mais plutôt comme si une partie jusque là obscure des différents rayons se trouvait frappée par une source lumineuse.

Le flamboiement des fils se produit seulement en général lorsqu'il y a formation d'une couronne, alors que le firmament est en tout ou en partie couvert de fils.

La relation étroite entre les bandes et les fils se manifeste fréquemment d'une façon bien claire par le mode de leur groupement. La bande forme en effet la lisière inférieure, large et fortement lumineuse de la série des rayons. C'est spécialement ce qui a lieu lorsque la bande se compose, non pas exclusivement de matière lumineuse, mais de rayons groupés en rangs serrés les uns contre les autres.¹

Fils et rayons forment de nombreuses combinaisons, des constellations variées, et constituent une portion intégrante des rideaux, des draperies, des éventails, des écrans et des voiles.

Les fils dans les aurores polaires correspondent évidemment dans nos expériences aux aiguilles lumineuses qui font leur apparition dans différentes circonstances. Celles-ci pouvaient lorsque les décharges sont fortes, se présenter de façon à remplir tout un espace donné, de telle façon qu'on voyait souvent les aiguilles lumineuses séparées les unes des autres par du gaz peu lumineux; le courant principal lui-même ne se manifestait alors pas aussi distinctement par des lueurs dans sa direction que le font les aiguilles lumineuses d'origine secondaire descendant verticalement des lignes de courant.

Lorsque les décharges étaient moins fortes, les aiguilles lumineuses pouvaient cependant apparaître associées avec les bandes lumineuses de courants de telle sorte que les aiguilles serrées les unes contre les autres formaient une draperie à structure rayonnée.

Dans les aurores boréales, les fils se présentent justement de ces deux façons.

D'après notre manière de voir, ces fils sont formés de rayons cathodiques diffusés par les masses gazeuses, lorsque celles-ci sont parcourues par le courant primaire dans les couches supérieures de l'atmosphère. Chaque rayon cathodique ainsi produit s'enroule, par suite du magnétisme terrestre, approximativement le long d'une ligne géodésique tracée sur son cône conjugué dont, dans ce cas, l'angle au sommet est très-petit.²

¹ Carl Weyprecht, l. c.

² Arch. des Sc. phys. et nat. Tome VI, p. 223, 1898.

Le cône contient comme génératrice la ligne de force magnétique admise droite passant par la molécule gazeuse qui émet le rayon cathodique considéré.

Comme on peut aisément le montrer, les angles formés par les rayons cathodiques diffusés avec les lignes de force magnétiques doivent ici être très-faibles.

La longueur des fils est excessivement grande dans les aurores polaires; il me paraît probable que, dans des circonstances données, ils peuvent atteindre une longueur de 100 km. Cette longueur dépend certainement en première ligne de la densité de l'air, de la composante verticale du magnétisme terrestre, de l'intensité du courant primaire parallèle à la surface de la Terre, et des actions électrostatiques. Ces deux derniers éléments étant fréquemment sujets à des variations subites, il est naturel de chercher à leur attribuer en grande partie les changements considérables et variables dans la longueur des fils.

Les fils sont bien formés de rayons cathodiques : c'est ce qui semble tout-à-fait probable d'après les »Résultats de quelques mesures faites par M. Scheiner de parties correspondantes des spectres de l'aurore polaire et de la lumière cathodique de l'azote«, publiés par Adam Paulsen.¹

M. Paulsen avait déjà signalé l'accord intime qui existe entre le spectre auroral et celui de la lumière cathodique paraissant dans un tube spectral qui contient de l'azote et de l'oxygène.

Dans la partie la plus réfrangible du spectre de la lumière cathodique, les raies qui ont été photographiées en Islande par Adam Paulsen appartiennent au spectre de l'azote.

Voici comment M. Scheiner s'exprime après avoir discuté les mesurages faits par lui.

»Pour moi, il est indubitable que le spectre des aurores boréales contient le spectre cathodique de l'azote.«

Couronne. »C'est une réunion en perspective des rayons ou de la matière lumineuse autour d'un centre déterminé, voisin du zénith magnétique, avec mouvements plus ou moins intenses autour de ce centre. Le phénomène peut prendre un développement tel que des milliers de dards courts et larges s'élancent simultanément de tous côtés dans la direction du centre, ou partent de ce centre, tandis que les fils, qui atteignent une grande profondeur, couvrent tout le firmament, s'allongeant et se raccour-

¹ Bulletin de l'Académie Royale des Sc. de Danemark, p. 91, 1901.

cissant en un mouvement incessant de flamboiement. De larges rayons et flammes intenses lèchent autour du point central, comme si un tourbillon de feu enserrait ce centre dans sa course échevelée.

En général, il y a formation de couronne lorsqu'une aurore boréale de forme prononcée passe sur sa route du Nord au Sud ou inversement au zénith magnétique, c. a. d. lorsque ses rayons, qui dans toutes les aurores convergent à peu de chose près vers un même point du firmament, se trouvent dans la direction allant de ce point à l'œil de l'observateur.

Lorsque la formation de la couronne a lieu dans toute son intensité avec une même bande pour origine, on voit déjà les larges rayons jaillir de cette bande vers le zénith, alors que la bande en est encore loin, et elle se résout en une mer pantelante de flammes et de rayons bien avant d'avoir atteint le zénith. La cause de la couronne réside uniquement dans la bande : c'est ce qu'on reconnaît au moment où la couronne ayant disparu du côté de l'horizon où l'on ne voyait auparavant aucune lueur d'aurore, on y voit apparaître une bande plus ou moins intense.¹

Conformément à la manière de voir adoptée ici, la forme coronale de l'aurore polaire se manifesterait quand un ou plusieurs rameaux de courant relativement larges, très-intenses et très-denses, situés dans les couches supérieures de l'atmosphère, se déplacent dans le sens transversal et passent au dessus du lieu d'observation. En raison du magnétisme terrestre, il doit se produire alors en tous les points du courant de longues aiguilles lumineuses suspendues verticalement le long des lignes de force magnétiques, à peu près comme dans notre expérience.

Si les circonstances sont favorables et si le courant parallèle à la surface de la Terre est suffisamment intense, en verra jaillir de gros éclairs ou dards verticaux le long des lignes de force, tout comme nous l'avons vu dans nos essais.

Par suite de la perspective, ces dards se réuniront pour l'œil de l'observateur, de façon à former une couronne aurorale avec rayons partant du zénith magnétique et s'élançant dans tous les sens.

Au centre de la couronne, on verra la lueur du rameau principal de courant, avec des embranchements pouvant se dérouler en spirales, ainsi que nous l'avons vu, et former ainsi de la lumière tourbillonnante.

Les différentes couleurs que peut revêtir l'aurore boréale, blanchâtre, jaune, vert ou rouge, semblent d'après nos expériences être dues à ce que les rayons traversent des couches aériennes d'inégale densité et d'in-

¹ Carl Weyprecht, 1. c.

égale humidité. L'intensité du courant qui occasionne la formation des rayons exerce probablement aussi une certaine influence sur la couleur.

Toutes les théories électriques des aurores boréales édifiées depuis les recherches fondamentales de De la Rive¹ supposent que les courants électriques qui donnent naissance aux phénomènes en question dans les régions polaires se dirigent verticalement de la Terre vers l'atmosphère, ou inversement; la théorie que je viens d'exposer suppose au contraire les courants dirigés horizontalement dans les couches aériennes supérieures.

Il convient pour montrer que la nouvelle théorie est préférable aux théories antérieures de rappeler :

1° que l'existence des courants supposés est prouvée par l'action magnétique qu'ils exercent,

2° qu'il est prouvé expérimentalement que, sous l'influence des forces magnétiques, le courant positif cheminant dans de l'air raréfié peut rester concentré en une bande étroite; que par suite le courant ne se disperse pas toujours dans tout l'espace mis à sa disposition.

3° que l'expérience a montré également que de pareils courants émettent des rayons cathodiques secondaires, qui, contraints par le magnétisme terrestre, donnent lieu à des phénomènes de radiation lumineuse ressemblant aux aurores boréales à structure rayonnée.

Wolf de Zürich ayant montré, en réunissant un grand nombre d'observations, que le retour périodique des aurores et des perturbations magnétiques coïncide avec celui des maxima de taches sur la surface du Soleil, on est grâce aux efforts d'un grand nombre d'observateurs, arrivé à se persuader de plus en plus qu'aurores boréales et perturbations magnétiques sont uniquement les manifestations plutôt modestes, les seules qu'il nous soit jusqu'ici donné d'observer, d'un agent cosmique inconnu d'origine solaire et tout différent de la lumière, de la chaleur et de la gravitation.

On supposait depuis longtemps que cet agent inconnu était de façon ou d'autre, de nature électrique. Becquerel père déjà émettait à cet égard des idées très-intéressantes. Toutefois, le sol est encore mal affermi sous les hypothèses émises pour tirer ces questions au clair.

Il est donc absolument nécessaire de suivre encore avec persistance la voie des observations, ainsi qu'on l'a si souvent conseillé : il faut ob-

¹ Auguste de la Rive, Ann. de Chim. et de Phys., juillet 1872, tome XXVI.

server à fond les aurores boréales et les perturbations magnétiques surtout dans les régions polaires, qui sont comme leur vraie patrie. On finira peut-être ainsi, grâce à une connaissance plus approfondie de ces phénomènes, par avoir des indications pas trop vagues sur cet agent cosmique, encore inconnu.

Dans le présent travail, j'ai au § 22 tenu à appeler l'attention sur une des façons dont on pourrait concevoir la relation entre les taches du Soleil et les courants électriques de l'atmosphère terrestre qui peuvent être supposés producteurs de perturbations magnétiques et d'aurores boréales.

Il semble résulter par analogie des expériences que j'ai décrites, que si le Soleil émet des rayons cathodiques ou d'autres rayons de nature analogue, ceux-ci doivent sous l'action du magnétisme terrestre être attirés vers les régions polaires et donner naissance à des tourbillons de courants électriques d'allure définie dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Il est bien naturel que les perturbations d'origine thermo-dynamique qui, nous le savons, ont lieu à la surface du Soleil soient accompagnées de puissantes décharges électriques; et par suite, plusieurs savants ont admis que le Soleil émet des rayons cathodiques vers les espaces cosmiques : ils cherchent ainsi à expliquer différents phénomènes cosmiques.

Pour ma part, j'ai été conduit en étudiant la succion des rayons cathodiques par un pôle magnétique, à l'idée que les aurores polaires sont dues à des rayons de cette espèce, émis par le Soleil.

Il n'est pas nécessaire qu'il s'agisse précisément de rayons cathodiques ordinaires : les célèbres rayons de Becquerel p. ex. se laissent aussi dévier par des forces magnétiques. En effet Becquerel a, au sujet des rayons émis par le *radium*, fait une expérience analogue à la mienne pour démontrer le phénomène de succion des rayons cathodiques.¹

Il résulte encore des considérations développées à la page 40 que le magnétisme terrestre est suffisamment intense pour attirer par succion vers les régions polaires même des rayons fort peu déviables; il attire p. ex. sans difficulté des rayons mille fois moins flexibles sous l'effet des forces magnétiques que les rayons cathodiques intervenant dans l'expérience décrite par moi.

Les faits sur lesquels on est en droit de s'appuyer lorsqu'on cherche à rattacher au Soleil les causes des perturbations magnétiques et des aurores polaires sont bien connus.

¹ Henri Becquerel: Sur le rayonnement de l'uranium etc. Rapports présentés au Congrès International de Physique à Paris en 1900. Tome III, p. 64.

D'abord on retrouve exactement pour les perturbations magnétiques, et assez approximativement pour les aurores polaires, une période correspondant à la période undécennale des taches du Soleil.

On peut en outre invoquer une série de cas où la formation de vastes taches dans les parties centrales du disque solaire a été accompagnée de violents orages magnétiques sur la Terre, et d'aurores polaires d'une abondance inusitée. Un des cas les plus remarquables de cette espèce, pour la période la plus récente, eut lieu le 9 septembre 1898, époque où une vaste tache solaire était tournée vers la Terre, en même temps qu'étaient déchainés des orages magnétiques et qu'on observait sur des points innombrables des aurores polaires extraordinaires.

J'ai recueilli un certain nombre de communications sur ces aurores polaires; parmi les plus intéressantes, il y en a qui ont été notées dans la Norvège septentrionale, et d'autres qui ont été mises à ma disposition par M. Stenberg de Helsingfors, qui se trouvait à cette époque près de Naryim sur l'Ob par environ 59° de latitude et à $3^{\circ}5'$ à l'ouest de Tomsk.

En Sibérie, tout comme en Norvège, les aurores boréales semblent avoir fait une apparition assez subite, et d'abord sous forme d'arcs surbaissés dans la direction du Nord. En Sibérie, ils étaient surtout saillants vers 7 à 8^h, heure locale, tandis qu'en Norvège on les observa un peu plus tard d'après l'heure de l'Europe moyenne, de telle sorte que l'écart entre les temps de la première observation des aurores boréales aux deux endroits peut être estimé à 6 heures environ.

Il semble donc que la cause des aurores polaires se déplace en sens inverse de la rotation terrestre, mais ce déplacement doit certainement avoir lieu avec des sauts brusques.

Des sauts analogues ont lieu aussi, comme on peut en juger par la pl. II, pour les déplacements du courant électrique dans les couches supérieures de l'atmosphère.

En effet, les diagrammes pour Bossekop et Jan Mayn montrent que les courants les plus puissants sont principalement dirigés entre ces deux stations. Ils ne se meuvent donc pas régulièrement d'Est en Ouest en passant par Bossekop, mais font subitement leur apparition à l'Ouest de cette station.

Il ne paraît d'ailleurs pas improbable que des courants électriques dans un espace rempli d'air raréfié changent brusquement leur direction, par suite de conditions magnétiques et électrostatiques variables. Par exemple, on réussit souvent dans un tube de décharge à faire varier subitement de position une ligne de courant fortement lumineuse en posant le doigt au dehors sur le tube de décharge.

Il est difficile d'avoir d'opinion arrêtée sur la raison qui fait que, dans le cas présent, les courants ont passé de préférence par dessus la Mer de Norvège entre la Norvège et le Groenland.

En dehors du Soleil, la Lune aussi exerce sans nul doute une influence sur les perturbations magnétiques et sur les aurores polaires.

Il est en effet prouvé d'une part qu'il y a dans les perturbations magnétiques une période diurne suivant les heures lunaires. D'autre part, on a observé que le nombre des aurores boréales diminue lorsque la Lune est au Nord de l'Equateur, tandis qu'il en est de même des aurores australes lorsque la Lune est au Sud de l'Equateur.

En partant des idées que je viens d'exposer, ces phénomènes trouveront certainement le plus facilement leur explication si l'on admet que tout comme la Terre, la Lune est magnétique.

Dans ce cas, il est clair que le faisceau de rayons cathodiques qui sont aspirés vers la Terre, devront être très-notablement déviés de leur trajectoire, s'ils se rapprochent assez de la Lune, alors même qu'on admettrait que celle-ci ne possède qu'un magnétisme très peu intense.

Ce qui s'accorde bien aussi avec cette façon de considérer les choses, c'est l'influence apparente de la Lune sur l'électricité atmosphérique. Il n'est donc pas nécessaire, pour expliquer cette influence, d'avoir recours à une hypothèse aussi peu probable que celle qui voudrait que la Lune eût une charge électrique 1000 fois supérieure à celle qui règne sur le globe terrestre.¹

Dans mon hypothèse, destinée à expliquer la liaison existant entre les taches du Soleil et les perturbations magnétiques et aurores polaires sur la Terre, j'ai admis que lors de ses fortes éruptions, le Soleil émet des courants de corpuscules chargés négativement, de même nature que ceux dont on admet généralement, avec les physiciens anglais, que se composent les rayons cathodiques.

Dans ces temps derniers, Arrhenius² a énoncé l'opinion que ces véhicules d'électricité négative entre le Soleil et la Terre ne sont pas aussi petits que je l'ai prétendu, mais qu'ils peuvent avoir une étendue linéaire d'un ordre qui peut atteindre 1μ et qu'ils sont écartés du Soleil par suite de la force répulsive de la lumière.

Il me semble que l'hypothèse qui nous occupe ne gagne rien à cette modification. Mais dans le travail de M. Arrhenius elle a perdu son côté le plus utile et le plus suggestif, lorsqu'il s'agit d'expliquer les phéno-

¹ Ekholm et Arrhenius, Bihang t. K, Sv. Vet. Akad. Handl. 19. Afd. 1. 35. 1894.

² Arrhenius, Ueber die Ursache der Nordlichter, Phys. Zeitschr. 2. Jahrg. No. 6 u. 7.

mènes des aurores; je parle ici de la succion magnétique autour des pôles magnétiques de la Terre de ces véhicules d'électricité.

Nous pouvons évaluer la vitesse maximum avec laquelle une sphère de densité égale à l'unité, d'un diamètre de 1μ et d'une charge électrique correspondant à un potentiel de 10000 volts dans l'éther libre pourra se déplacer de façon à pouvoir être aspirée de l'espace cosmique vers les régions polaires de la Terre en raison du magnétisme terrestre. Nous laisserons hors de compte la gravitation et la force électrostatique exercée par la Terre et nous admettrons provisoirement que celle-ci soit en repos relativement au Soleil.

Appelons m la masse de la particule, sa charge électrique e , et sa vitesse v . Si la particule se meut perpendiculairement aux lignes de force magnétiques dans un champ homogène d'intensité H , nous aurons, en supposant la vitesse v faible relativement à celle de la lumière,

$$(a) \quad \frac{mv}{e} = H\rho,$$

où ρ est le rayon de courbure de la trajectoire de la particule considérée.

Pour un rayon cathodique ordinaire, on peut admettre un rayon de courbure de 5 m. si le rayon se meut perpendiculairement aux lignes de force magnétiques dans des régions polaires, où l'on peut admettre que l'intensité est de 0.7 C. G. S.

Dans ce cas $H\rho$ serait égal à 350.

D'après les expériences qui ont été discutées au § 22, on pourra toutefois admettre que même des rayons qui seraient 100000 fois moins déviabiles sous l'effet des forces magnétiques que les rayons cathodiques ordinaires seront aspirés vers les pôles magnétiques de la Terre.

Nous pouvons alors admettre comme limite supérieure $H\rho = 35000000$.

Pour tirer v de l'équation (a), il faut d'abord calculer m et e .

$$m = \frac{4}{3} \pi \cdot 0.00005^3 = \frac{\pi}{6} \cdot 10^{-12}.$$

$$e = \frac{0.00005}{9} 10^{-20} 10000 \cdot 10^8 = \frac{5}{9} \cdot 10^{-13}$$

unités électromagnétiques.

On a donc :

$$\frac{m}{e} = 3 \pi.$$

On trouve ainsi comme vitesse maximum

$$v = \frac{35000000}{3\pi} \text{ cm.} = 37 \text{ km.}$$

La vitesse la plus grande que puissent avoir les particules dans les conditions ci-dessus n'est donc pas beaucoup différent de celle de la Terre dans sa trajectoire autour du Soleil.

Dans ce cas les particules ne devraient pas s'éloigner du Soleil avec une vitesse propre appréciable pour pouvoir être aspirés vers les pôles magnétiques de la Terre.

L'hypothèse d'un potentiel de 10000 volts est passablement élevée, mais il semble bien que les corpuscules de J. J. Thomson¹ aient une charge correspondante à un potentiel de cet ordre.

Dans ce qui précède, j'ai cherché à expliquer les formes principales d'aurores polaires, en me basant sur différentes expériences, et en admettant, comme point de départ, que la source de ces phénomènes remarquables réside dans les courants qui circulent dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Dans l'expérience décrite au § 22, on se rappellera que je mentionne le fait que les rayons cathodiques sont aspirés vers un électro-aimant sphérique en faisceaux cunéiformes, et qu'en même temps, autour de ce globe, il se produit trois tourbillons distincts de courants.

Toutefois on n'a pas constaté encore dans tous les cas la relation existant entre le coin lumineux aspiré et les tourbillons de courants produits simultanément; il est donc fort possible que non-seulement ces tourbillons, mais aussi le coin de rayons cathodiques aspirés doivent jouer un rôle direct dans l'explication de différents phénomènes se rattachant aux aurores boréales.

Ce qui est digne de remarque, c'est que le coin lumineux frappe le globe sur un parallèle situé à 70° environ de l'endroit dans le méridien duquel est situé la cathode, et cela jusque très-avant du côté soir, si l'on admet que la cathode représente le Soleil.

Comme on le sait, Gyllensköld a trouvé, à la suite d'une correction relative au lever du Soleil, que le véritable maximum diurne de la fréquence des aurores boréales doit tomber vers 3^h de l'après-midi. Ceci s'accorderait évidemment bien avec la supposition que certaines aurores boréales peuvent être formées directement par le coin d'aspiration des rayons cathodiques.

¹ J. J. Thomson, Rapports présentés au Congrès International de Physique, Paris 1900. T. III, p. 139.

27. Sur la formation des nuages supérieurs.

Robert v. Helmholtz a trouvé qu'une «pointe électrique» agit sur un jet de vapeur d'eau situé dans le voisinage, de telle sorte qu'il se produit dans ce jet une violente condensation.¹ Il admettait que cette condensation avait lieu autour d'atomes non-saturés, servant de noyaux.

D'après Lenard, l'air traversé par des rayons cathodiques contient des noyaux aptes à condenser des vapeurs, il agit comme producteur de nuages.² »C'est ce qu'on prouve sans peine à l'aide d'un jet de vapeur, à la façon d'Aitken et de R. v. Helmholtz.³ Si le jet de vapeur se trouve à une distance de 1.5 cm. de la fenêtre munie, comme d'habitude, d'un écran en métal communiquant avec la terre, l'action exercée sur le jet est aussi forte qu'on puisse se l'imaginer : tout le jet apparaît en blanc clair, comme un épais nuage.

A la distance de 3 et 4 cm., on constate encore une action des plus puissantes. A 5 cm., l'effet semble varier d'une décharge à l'autre, parfois avec des paroxysmes brusques, parfois avec une grande faiblesse. A des distances plus grandes encore et allant jusqu'à 10 cm., on n'observe plus qu'un effet excessivement peu prononcé, interrompu pourtant dans bien des cas par de fortes actions d'une plus longue durée. Ces dernières ne se manifestent parfois qu'à la partie supérieure du jet. La distance limite pour que l'effet de condensation soit toujours certain, c. a. d. 5 cm., est aussi la distance à laquelle les rayons cathodiques sont encore observables sur l'écran de cétone.

L'effet puissant qui se manifeste parfois à de plus grandes distances est imputable aux courants qui agitent l'air de la chambre, et à la circonstance que l'air conserve son pouvoir condensant, tout comme sa conductibilité électrique, quelque temps encore après avoir été soumis à la radiation.»

On a montré plus tard de la même façon que les rayons de Röntgen et les émissions du radium condensent aussi la vapeur d'eau.

M. Townsend⁴ a découvert que les gaz électrisés possèdent cette propriété remarquable de donner naissance à une sorte de brouillard, quand on les fait pénétrer dans une enceinte contenant de la vapeur d'eau. Ce brouillard se produit alors même que l'enceinte est loin de son point de saturation.

¹ R. v. Helmholtz, Wied. Ann. 32, p. 1, 1887.

² Lenard, Wied. Ann. 63, p. 258, 1897.

³ Aitken, Trans. Roy. Soc. Edinb. 30, p. 337, 1881. R. v. Helmholtz, l. c.

⁴ Townsend, Proc. of the Cambr. philos. Society.

Il est commode de s'imaginer que les condensations de vapeur d'eau dont il vient d'être question sont provoquées autour de noyaux appartenant à l'une ou l'autre des trois espèces de particules admises par J. J. Thomson pour expliquer le pouvoir conducteur électrique des corps¹, soit corpuscules, soit particules électrisées positivement provenant de la dissociation corpusculaire de molécules primitivement neutres, soit particules électrisées négativement, résultant de la fixation d'un corpuscule sur une molécule neutre frappée par lui.

Avec cette manière de voir, il résulte naturellement que dès qu'on aura prouvé qu'il circule dans les couches supérieures de l'atmosphère de puissants courants électriques, on aura le droit d'admettre du même coup qu'il doit y avoir en abondance, dans ces couches supérieures, de pareilles particules autour desquelles la vapeur d'eau peut se condenser.

Nous allons maintenant aborder cette question : Y a-t-il une relation entre les aurores boréales et certaines productions de nuages ; comme on le sait, il a été prétendu depuis longtemps déjà par différents observateurs qu'il y a là une certaine corrélation.

Dans les beaux mémoires d'Adam Paulsen »Sur la nature et l'origine de l'aurore boréale«², ce savant a plusieurs fois montré que les rayons auroraux peuvent effectivement être producteurs de nuages.

J'ai moi-même été témoin de la formation d'un nuage, par un ciel d'ailleurs clair, provoquée en une minute ou deux par un faisceau intense de rayons auroraux. C'était vers 9^h du soir, le 15 février 1898, à la station alpine de Gargia à 30 km. environ au Sud de Bossekop. Les rayons du faisceau s'allongeaient et se raccourcissaient d'un mouvement rythmé et plongeaient pour sûr assez loin dans l'atmosphère.

Vers le bas et autour du faisceau, il se forma un nuage qui au bout d'une minute ou deux cacha le pied du faisceau. Plus tard, l'aurore boréale ayant bientôt cessé, ce nuage se déplaça assez rapidement sous l'effet d'un vent bien fort, et disparut derrière une rangée de hauteurs situées dans le voisinage.

Il est toutefois assez naturel d'admettre que les noyaux de condensation ne se produisent pas exclusivement là où les rayons auroraux sont *visibles* ; la cause première de la formation des noyaux doit résider dans le courant électrique parallèle à la surface de la Terre, courant qui s'étend sur de vastes portions de la surface terrestre sans pour cela donner lieu partout à des aurores boréales.

¹ J. J. Thomson, l. c., p. 149.

² Voir p. ex. Bulletin de l'Acad. Roy. des Sc. de Danemark, 8 mars 1895.

Nous allons maintenant essayer de voir si la formation des nuages supérieurs ordinaires, cirrus et cirro-stratus, se laisse rattacher d'une façon naturelle à des courants pareils à ceux dont nous avons démontré ici l'existence.

Il y a d'autant plus lieu de faire une pareille tentative que les météorologistes n'ont pas encore réussi à trouver d'autre explication satisfaisante de la production de ces nuages. Je m'en tiendrai ici à une assertion de W. v. Betzold dans une conférence faite à l'«Urania».

»Il ne reste plus qu'une seule forme dont je ne puis pas encore, à l'heure qu'il est, donner l'explication exacte, au moins d'une façon générale.

Ce sont les nuages arborescents et plumeux, cirrus ou cirro-stratus appartenant aux régions les plus élevées de l'atmosphère. Il est certainement hors de doute que ces formations délicates sont composées d'aiguilles de glace, ils se laissent d'ailleurs parfois aussi rattacher aux nuages ondulés, mais il me paraît actuellement encore impossible d'expliquer dans tous leurs détails leurs formes si nombreuses et si variées.

Il y a donc là un problème dont la solution doit être réservée à l'avenir, problème méritant d'être abordé d'autant plus sérieusement que ces nuages nous apportent le témoignage de phénomènes se déroulant à une très-grande distance de nous, et qui par suite sont considérés à juste titre comme des avant-coureurs du temps qu'il va faire.»

Dans l'«Atlas international des nuages» publié par Hildebrandsson, Riggenbach et Teisserenc de Bort, les cirrus sont décrits comme des nuages isolés, délicats, à textures fibreuses, en forme de plumes, généralement de couleur blanche, souvent disposés en bandes qui traversent une partie de la voûte du ciel comme des méridiens, et qui, par un effet de perspective, convergent vers un point ou deux points opposés de l'horizon. Souvent les cirro-stratus et les cirro-cumulus participent à la formation de ces bandes.

On appelle *point de radiation* le point où ces bandes ou leur direction prolongée rencontrent l'horizon.

Ces bandes ou raies à disposition régulière offrent cette particularité qu'elles se produisent presque simultanément et comme par un coup de baguette sur de vastes étendues, de telle sorte qu'une grande partie du ciel d'abord claire se couvre subitement de nuages de cette espèce, ou bien de telle sorte que les nuages couvrant déjà le ciel soient traversés

¹ Himmel und Erde, 1894, p. 201.

tout-à-coup par des sillons, tandis que les nuages eux-mêmes ne progressent que lentement.

L'opinion suivant laquelle les bandes de cirrus seraient dues aux courants électriques dans les couches supérieures de l'atmosphère semble à première vue inconciliable avec le fait qu'on admet en général pour ces mêmes nuages une altitude moyenne de 9000 m. au-dessus de la surface de la Terre, tandis que les courants électriques dont nous parlons se meuvent en tout cas à des hauteurs de 100 kilomètres.

Il convient toutefois d'observer que si même le courant principal est à une très-forte altitude, les rayons cathodiques diffusés par les masses d'air que parcourent lesdits courants pénètrent très-bas dans l'atmosphère.

Ces rayons doivent bien certainement être ordonnés en séries ayant la forme de draperies ou de bandes, alors même qu'ils seraient trop peu intenses pour provoquer dans l'air des lueurs du genre des aurores boréales. Mais si faibles que soient ces rayons, ils donneront lieu à une abondante formation de noyaux pour la condensation des vapeurs aqueuses contenues dans l'atmosphère.

Il est probable que dans les régions polaires de pareils rayons non-lumineux pénètrent bien plus bas dans l'atmosphère que les rayons lumineux de l'aurore boréale.

Il est hors de doute que de pareils rayons ou autres décharges électriques peuvent se propager à travers des gaz raréfiés sans produire de phénomènes lumineux.

Leur existence est admise par J. J. Thomson¹ et elle est prouvée par Warburg² et Lenard³.

Il existe une catégorie spéciale de nuages supérieurs indiquant autrement encore que par leur forme qu'ils sont en relation avec les courants électriques des couches supérieures de l'atmosphère : ce sont les nuages nocturnes lumineux qui ont été observés jusqu'à une hauteur de 80 kilomètres ou même davantage. Surtout dans les régions polaires, il n'a souvent pas été possible de distinguer ces nuages à leur propre de certaines formes spéciales d'aurore boréale.

Un cas intéressant de cette espèce se trouve décrit par Fridtjof Nansen dans »Fram over Polhavet«, pag. 233, vol. I.

»Vers 3 heures de l'après-midi, le 2 novembre 1893 je vis une forme tout-à-fait particulière de ce genre d'aurore. A l'horizon sud-ouest on voyait

¹ J. J. Thomson, Recent researches in electricity and magnetisme, p. 105 et 131, 1893.

² Warburg, Ueber die Verzögerung bei der Funkenentladung, Wied. Ann. 62, p. 385, 1897.

³ Lenard, Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolette Licht, Drudes Ann. 2, p. 366, 1900.

encore les ardeurs du Soleil. En avant, de légers nuages s'étaient entassés, rappelant un nuage de poussière soulevé dans le lointain par une troupe de cavaliers. De ce nuage s'élevait comme un crêpe noir, montant par bandes vers le ciel, comme s'il fût parti du Soleil, ou plutôt comme si le Soleil pompait à lui le crêpe de poussière par bandes striant tout le ciel. Vers le Sud-Ouest seulement, ces bandes étaient sombres; plus haut, et plus loin du Soleil, elles devenaient blanches et éclatantes, comme une fine dentelle argentée et brillante. Ils s'étendaient sur toute la voûte au-dessus de nous, et jusqu'à la région du septentrion. On eût dit d'une aurore boréale; ou bien étaient-ce de légers nuages, flottant très-haut dans la lumière solaire? Je restai longtemps à les considérer. Le tout était au repos; mais en fait, c'était une aurore boréale qui vers le Sud-Ouest prenait par une lente transition l'apparence de stries obscures, et se terminait par le nuage de poussière en avant du Soleil crépusculaire. Scott-Hansen vit aussi ce phénomène plus tard, lorsqu'il commença à s'obscurcir. Il n'y avait plus de doute possible : c'était, comme il le dit, une aurore boréale s'étendant depuis le Soleil à travers toute la voûte céleste, comme les rayures de l'écorce d'une orange.»

Mon collègue M. Mohn a appelé mon attention sur divers cas du même genre décrits dans les *»Meteorologische Beobachtungen an der Universitäts-Sternwarte zu Christiania 1837—1863«*, cas où l'on voit que des bandes de cirrus ont paru avoir la même position que des arcs d'aurore boréale.

S'il y a une pareille liaison entre les cirrus, les bandes aurorales et les courants électriques de l'atmosphère, cette liaison sera probablement facile à constater.

Mais il faut qu'on ait bien soin de saisir le moment où de pareilles bandes polaires de cirrus se produisent dans toute leur longueur, comme par un coup de baguette, et de s'assurer alors si la position des bandes répond bien à celle des courants électriques se laissant constater dans l'atmosphère, à l'aide des photogrammes magnétiques provenant des observatoires magnétiques voisins de la région où l'on a fait l'observation des nuages en question.

L'exacte constatation d'une pareille relation nous fournirait des renseignements utiles au sujet de *»phénomènes qui se déroulent à une très-grande distance de nous, et qui par suite sont considérés à juste titre comme des avant-coureurs du temps qu'il va faire.«*

Il peut être intéressant, dans cet ordre d'idées, de rappeler que les pêcheurs du Finmarken appellent les aurores boréales *»vindlys«*, c'est-à-dire lueurs de vent. Si, un soir, ils observent une aurore boréale violente

et à incandescences furibondes, ils ne se décident qu'en cas de nécessité absolue à se risquer sur mer le jour suivant.

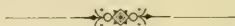
Plusieurs observateurs semblent aussi avoir observé une relation du même genre entre le vent et l'aurore boréale. Dans »Fram over Polhavet«, vol. I, p. 239, nous trouvons à ce sujet une remarque très intéressante.

La cause primaire de pareilles tempêtes consécutives à des aurores boréales devrait en vertu des idées que nous venons d'émettre, être identique à celle qui préside à la production des bandes de cirrus et à celle des aurores boréales elles-mêmes, en un mot, ce doit être le courant électrique dont l'existence est prouvée dans les couches supérieures de l'atmosphère.

L'énergie d'un pareil courant de décharge, dont l'intensité atteint parfois des centaines de mille, ou peut-être même des millions d'ampères semble aussi suffisamment grande pour provoquer ou déclencher de profonds changement météorologiques.

Ce courant se mesure par ses effets magnétiques; il est donc fort possible que les magnétomètres deviennent un jour pour les météorologistes des instruments tout aussi indispensables que les baromètres et les thermomètres humides ou secs.

Je tiens à adresser ici tous mes remerciements à mon élève et infatigable assistant, M. Olden, qui a dressé les dessins et fait les calculs des chiffres contenus dans les tableaux 1—5.



P. S.

J'ai dit à l'occasion de l'expérience relatée p. 58 que la rotation dans les spirales lumineuses des bandes est en sens inverse de celle qui aurait lieu si la force magnétique eût agi sur un fil conducteur de courant flexible. En examinant soigneusement les phénomènes lumineux au voisinage immédiat de l'embouchure du tube étroit, au centre de la grosse sphère, on aperçoit cependant, quand la force magnétique est très-intense, en dehors des grosses bandes spirales, une petite étoile lumineuse ayant à peu près 1 cm. de diamètre d'où partent 5 ou 6 bras recourbés dans le *même* sens qu'avec un fil flexible de courant.

En employant le tube mentionné p. 54, on peut obtenir une pareille étoile atteignant jusque 3 cm. de diamètre environ. Cette étoile a 5 ou 6 bras courts, courbés comme les précédents; ils se forment, dans le manchon ellipsoïde, en partant de l'ouverture large de 3 mm. située à l'extrémité positive de la gouttière demi-cylindrique. Ces bras sont, comme les bandes, composés de rayons serrés les uns contre les autres et dirigés le long des lignes magnétiques.

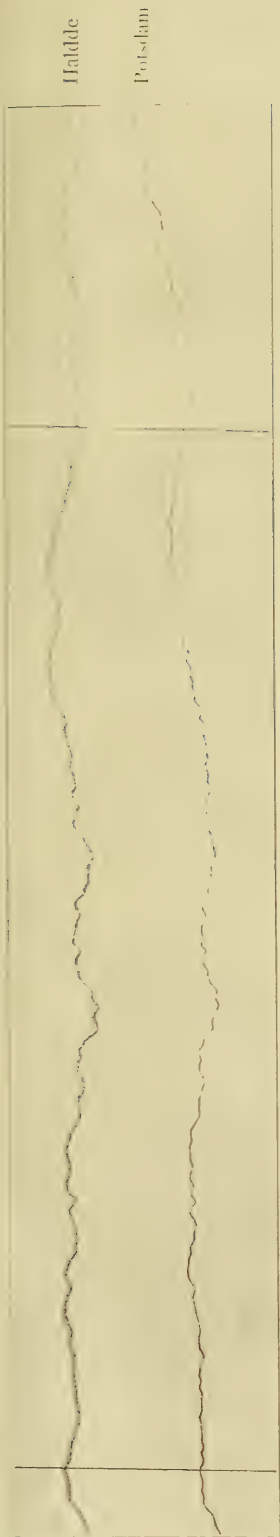


Fig. 1. Déclinaison, 3 mars 1900.

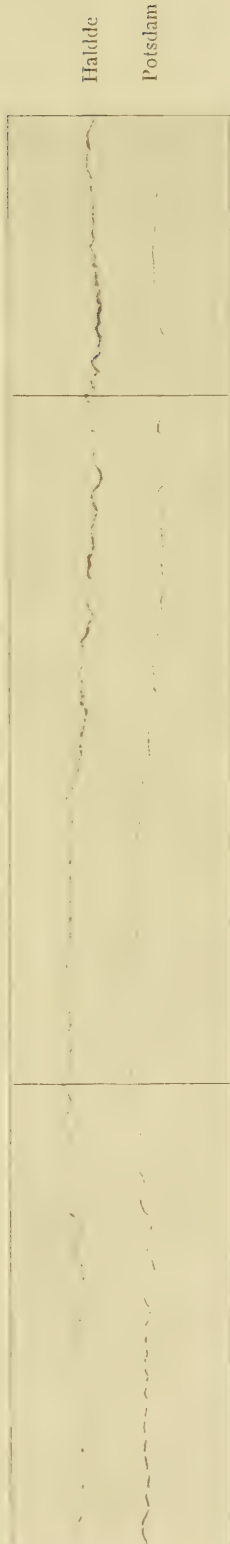


Fig. 2. Déclinaison, 4 mars 1900.

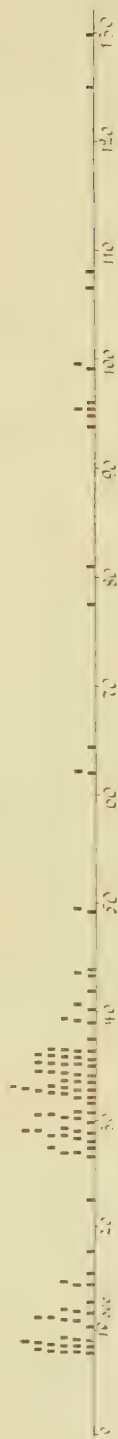


Fig. 3.

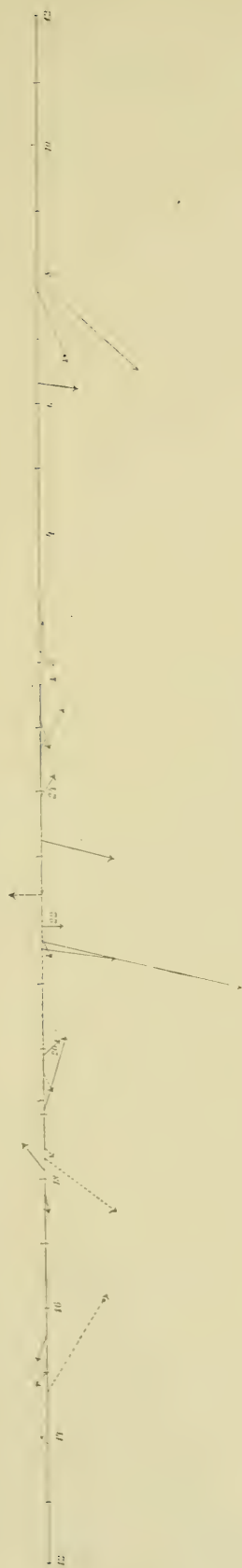


Fig. 10. Pawlowsk, hiver 1882—1883.



Fig. 11. Pawlowsk, été 1882—1884.

Courants électriques dans l'atmosphère, temps de Greenwich.

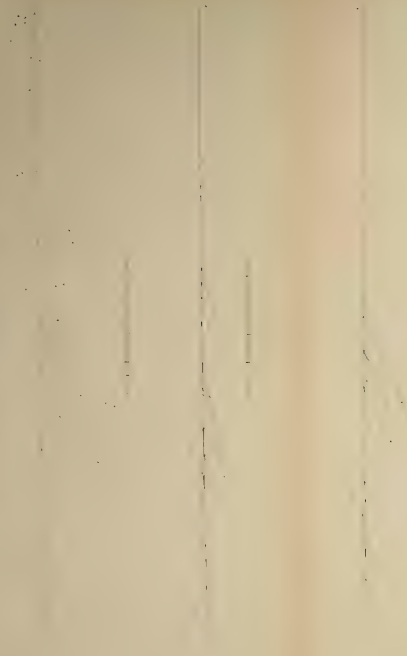


Fig. 4. Brest, etc. 1880-1883



Fig. 5. Jan-Mars, etc. 1882-1883

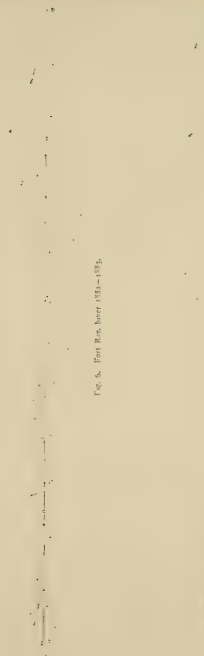


Fig. 6. Fort Raz, etc. 1883-1885

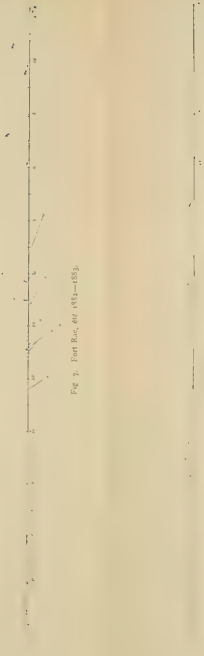


Fig. 7. Fort Raz, etc. 1885-1887

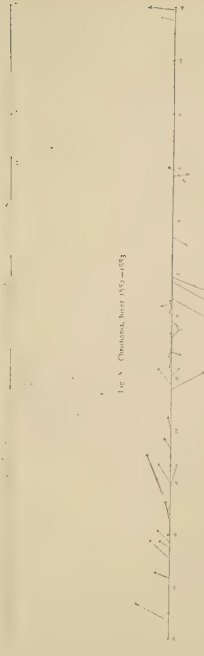


Fig. 8. Cherdinsk, etc. 1887-1889

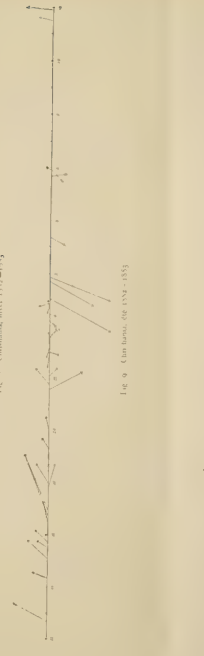


Fig. 9. Cherdinsk, etc. 1889-1891

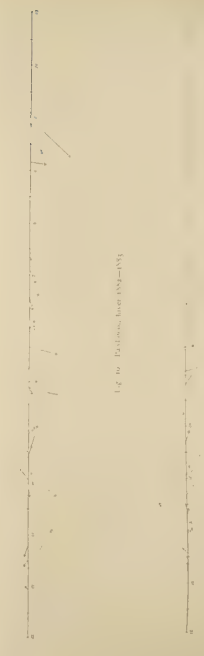


Fig. 10. Pulkovo, etc. 1891-1893

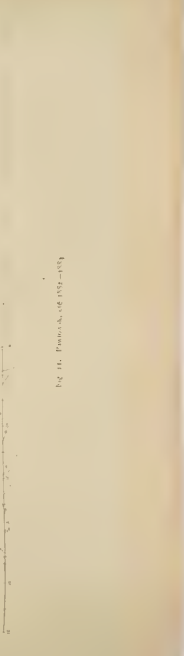


Fig. 11. Pulkovo, etc. 1893-1895

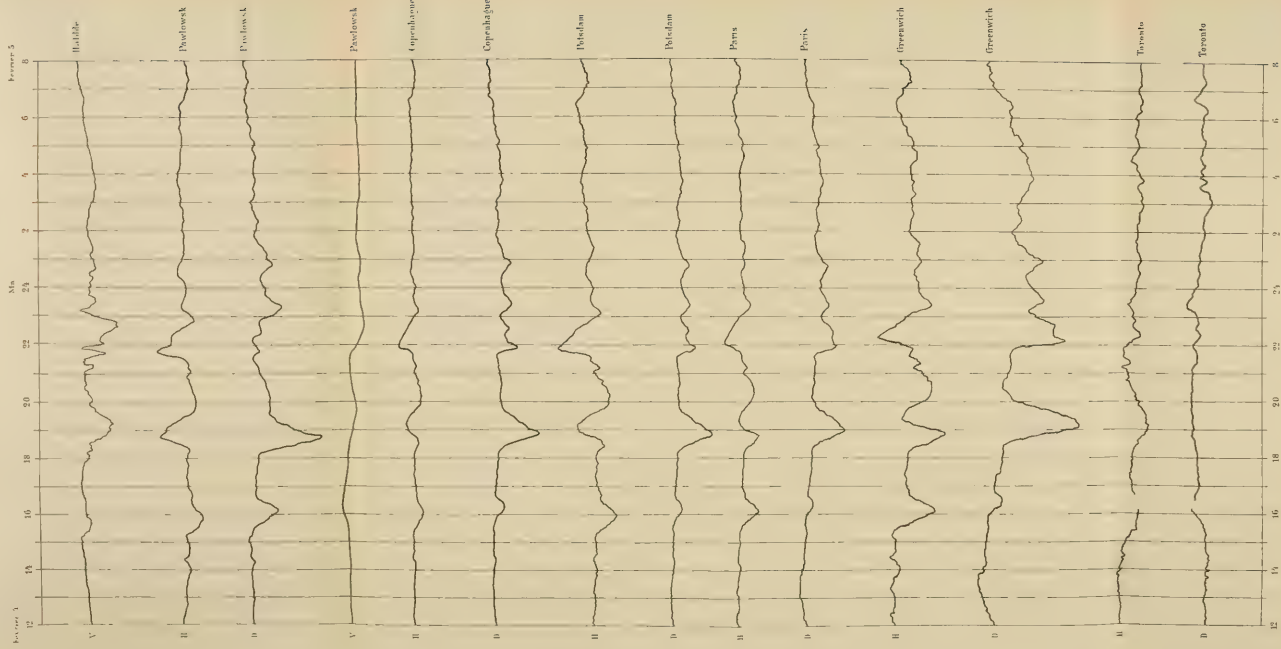
Paris

V

II.

D.

Perturbations du 4-5 février 1900



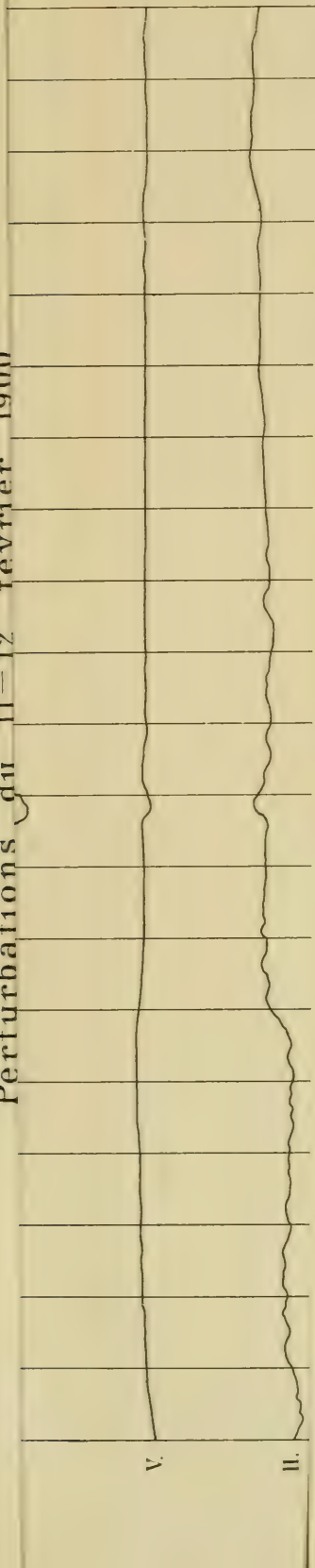
Perturbations du 11-12 février 1900

V.

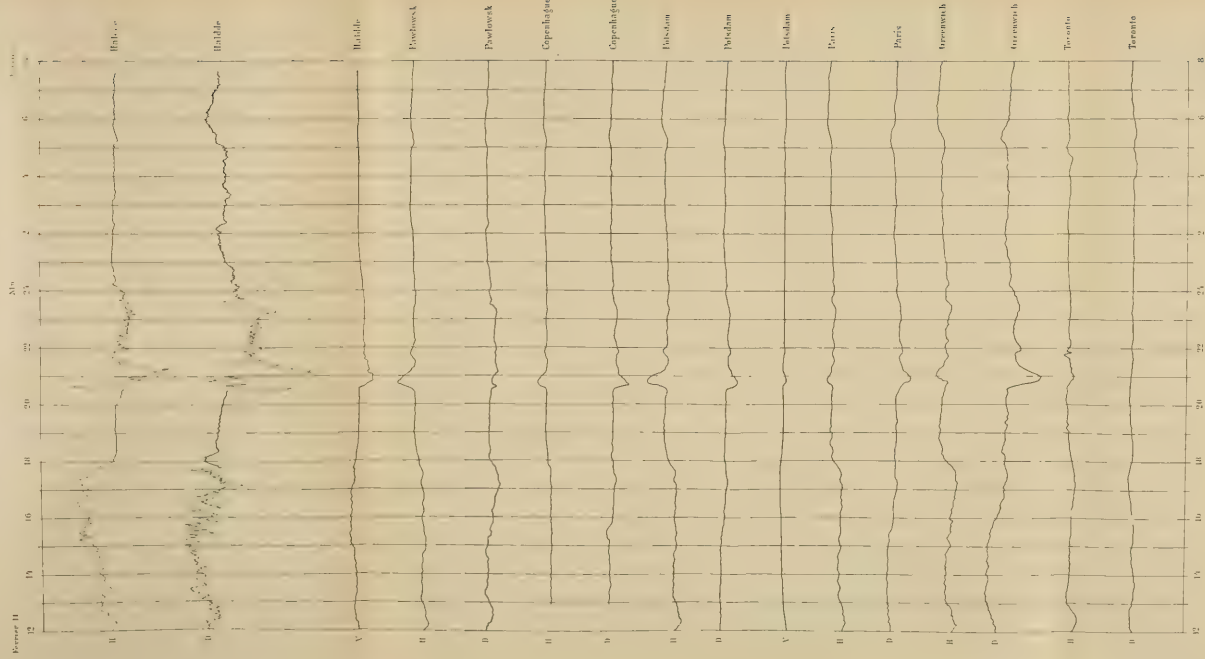
Potsdam

II.

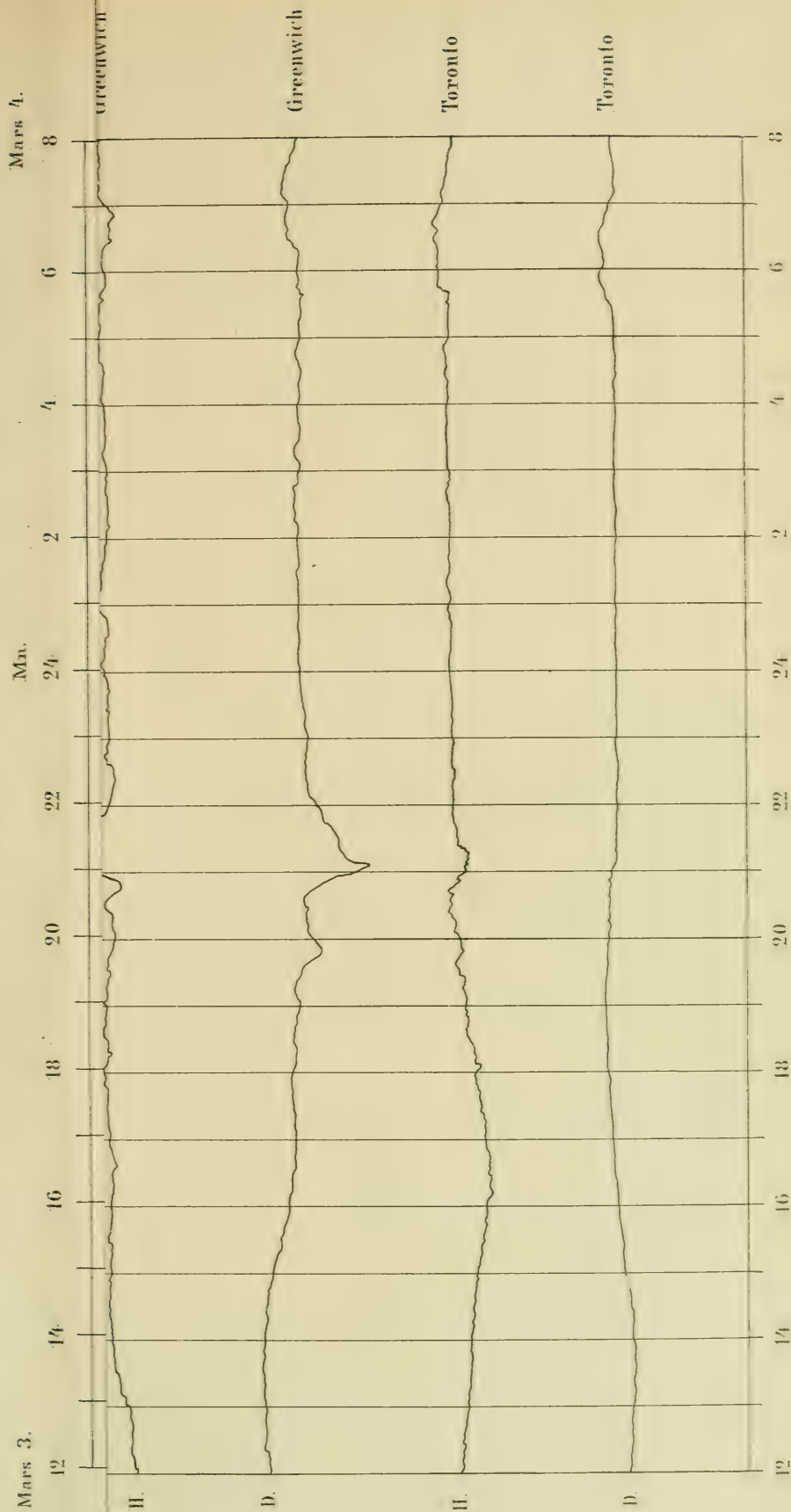
Paris



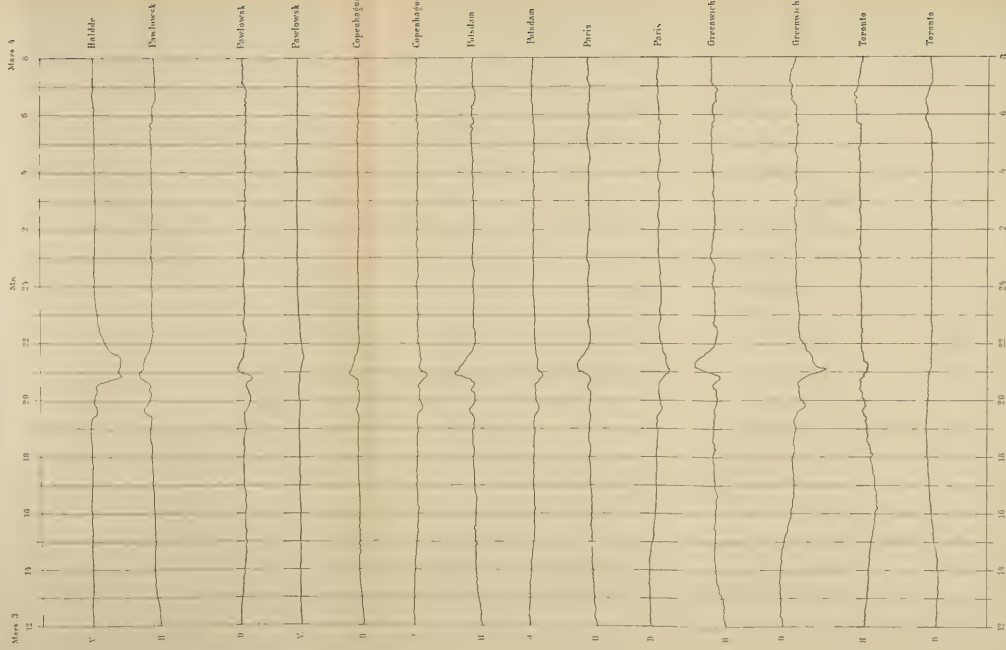
Perturbations du 11-12 février 1900.



Perturbations du 3-4 mars 1900.

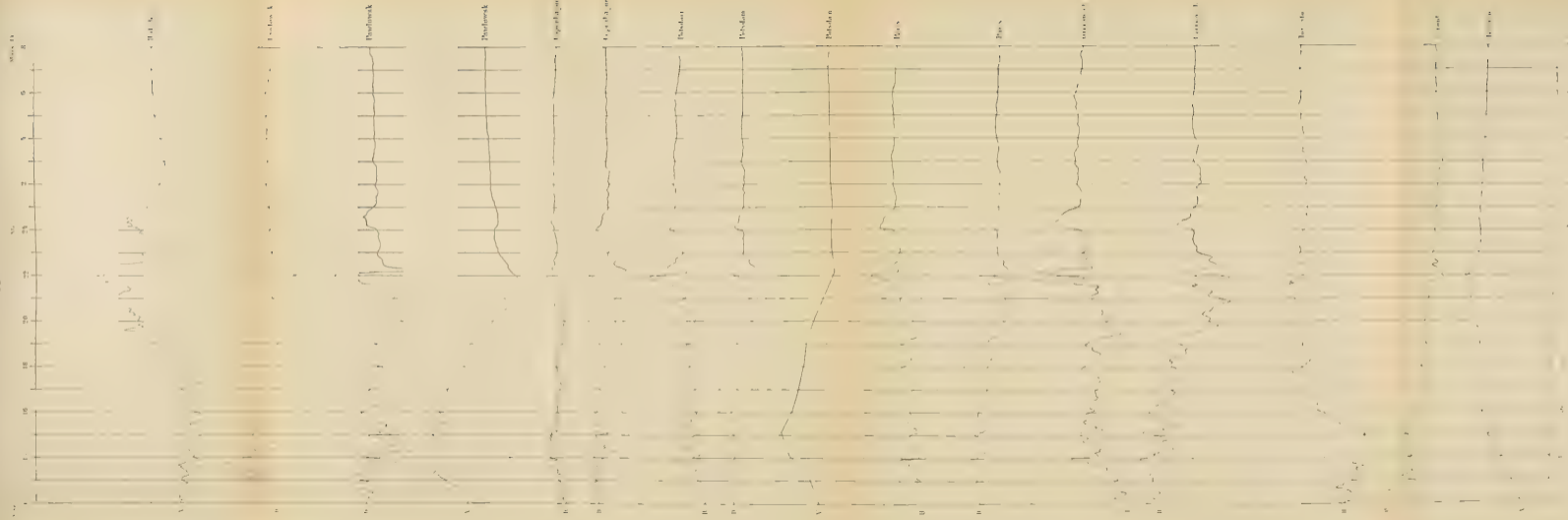


Perturbations du 3-4 mars 1900.

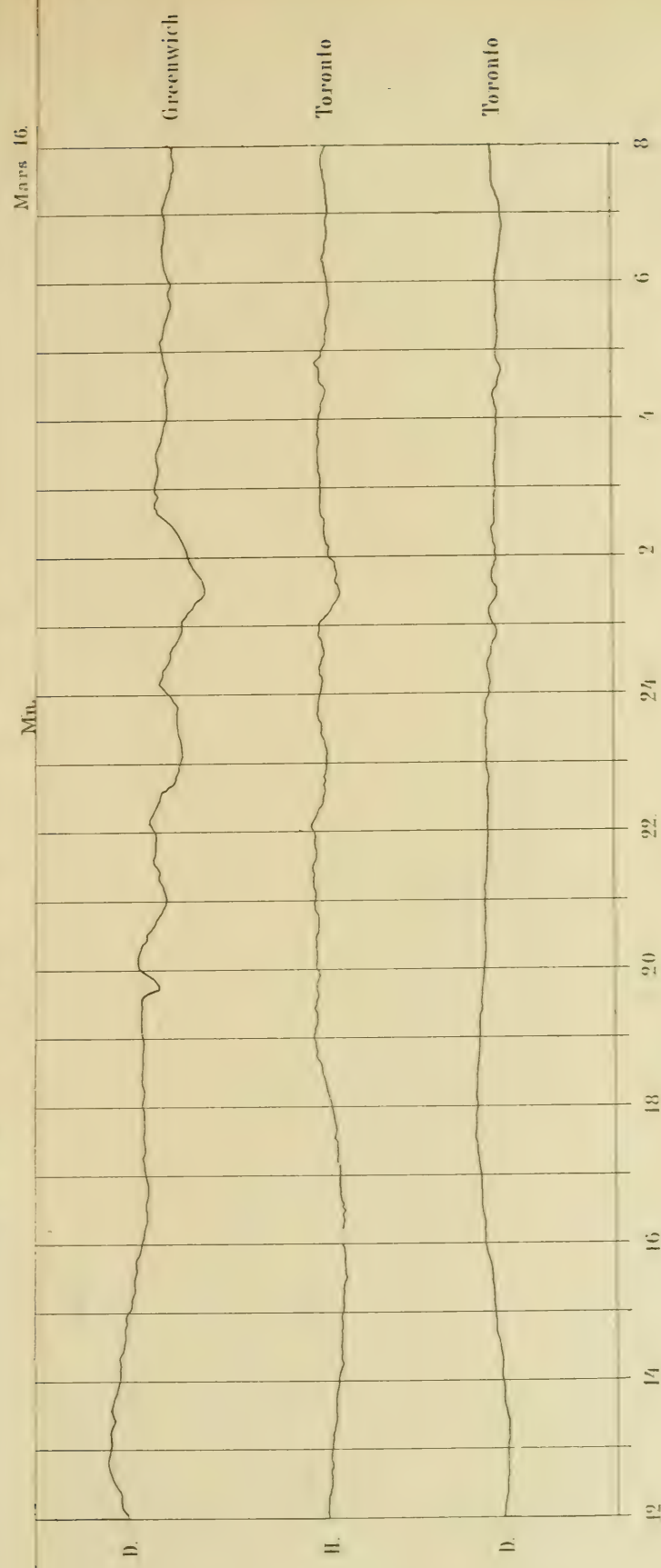


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Perturbations du 13-14 mars 1900.

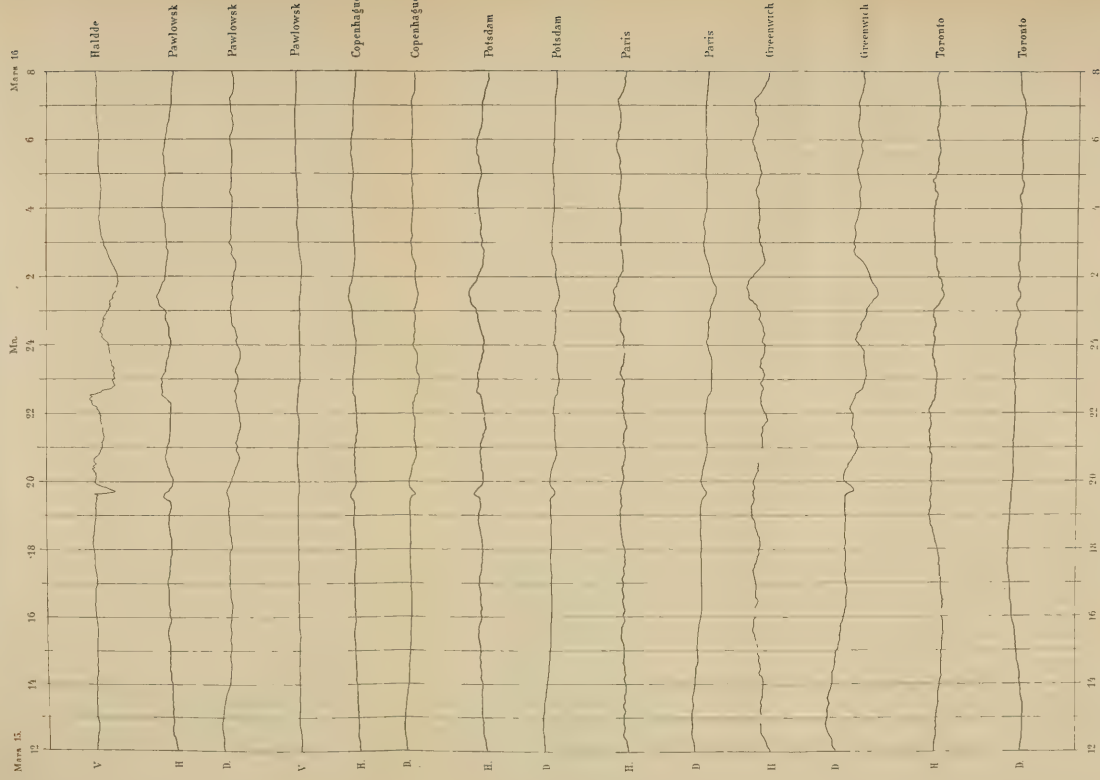


Perturbations du 15-16 mars 1900.



Kartog. Labordatumskontroll. Kram.

Perturbations du 15-16 mars 1900.



Courants électriques dans l'atmosphère,
février et mars 1900.



$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = - \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(r^2 \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} \right)$$

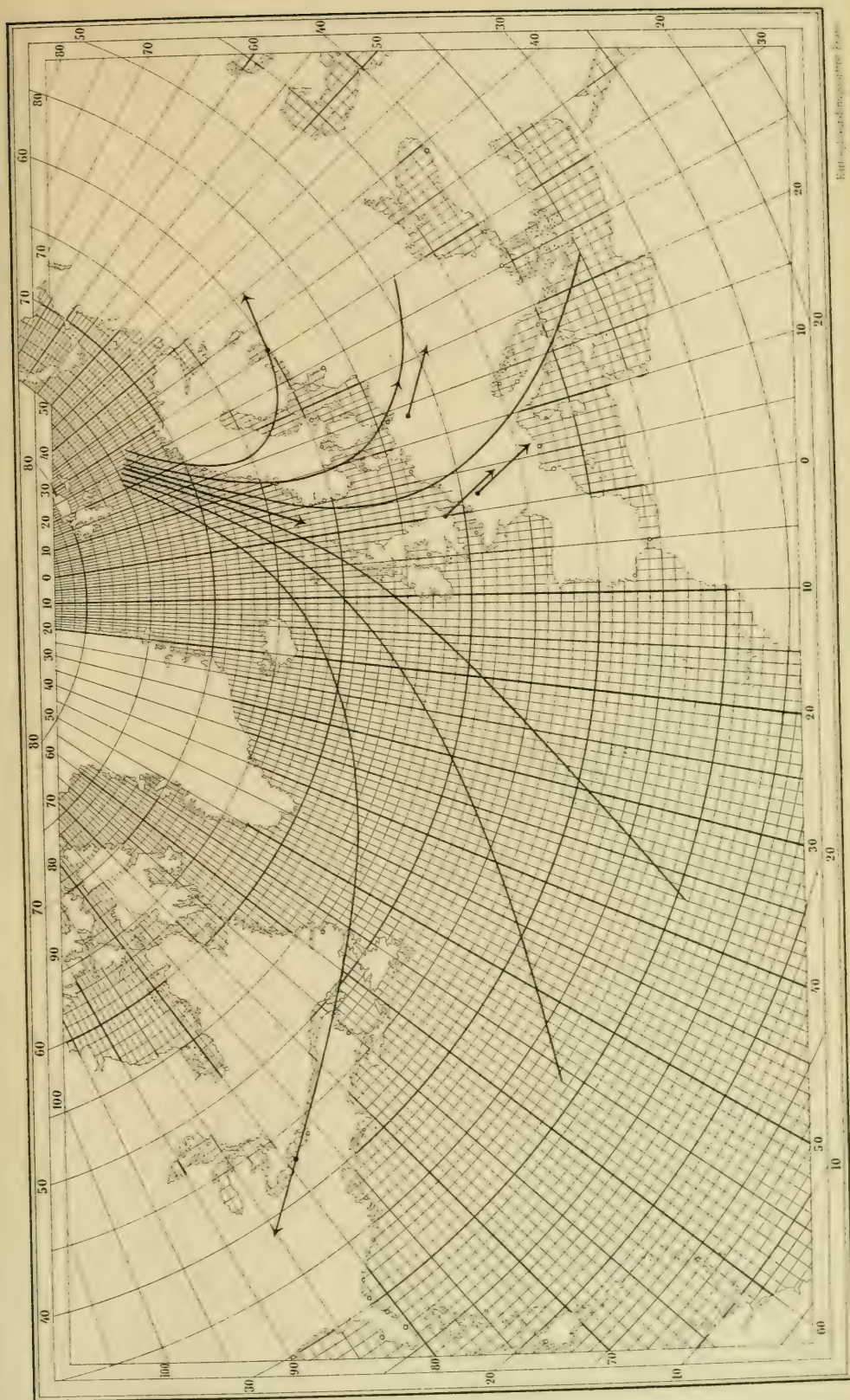
100

211

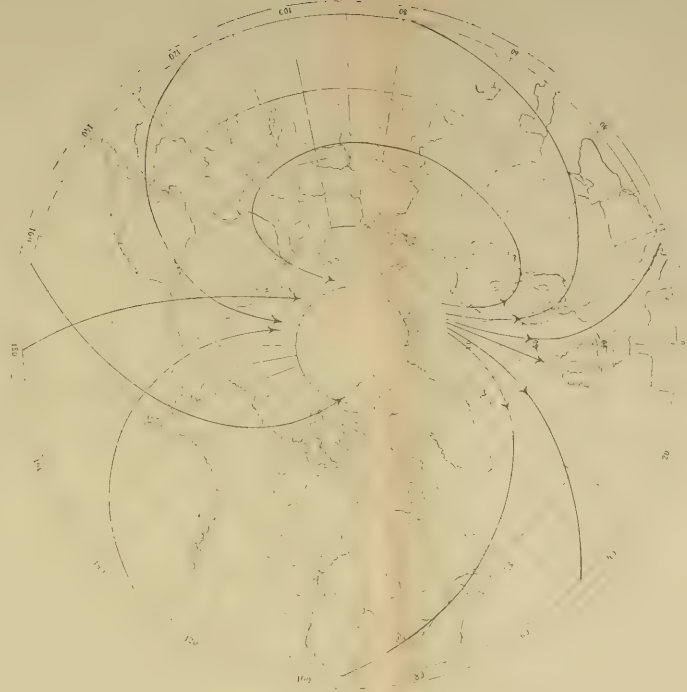
2

9

Lignes de courants vers minuit, temps de Greenwich.



Lignes de courants vers minuit, temps de Greenwich.



1



2



3





Mince rideau lumineux rappelant les aurores polaires à structure rayonnée.

Anatomisk-anthropologiske
undersøgelser
af
de lange extremitetknokler
fra Norges befolkning
i oldtid og middelalder

I

Undersøgelsesmetoderne, laarbenene og
legemshøiden

Ved

Gustav Guldberg
professor dr. med.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter, I. Matematisk-naturv. Klasse. 1901, No. 2



Christiania

A. W. Brøggers Bogtrykkeri

1901

Fremlagt i Vid.-Selsk. møde d. 23de novbr. 1900

Indledning.

Det foreliggende arbeide er baseret paa undersøgelser af materiale hentet fra de forskjellige dele af landet. Størstedelen af de undersøgte knokler hidrører fra grave, hvis ælde efter de foreliggende historiske oplysninger maa sættes til den senere middelalder; desuden er vikingetiden repræsenteret blandt det undersøgte materiale med enkelte repræsentanter fra den ældre jernalder; ogsaa nogle bemærkninger om skeletdelene fra stenalderfundet ved Hov har jeg tilladt mig at indflette. Med hensyn til bestemmelsen af materialets alder har jeg væsentlig holdt mig til de oplysninger, der blev mig givet af afdøde prof. dr. O. Rygh, der i saa mange tilfælde ydede mig en udmærket hjælp, og hvem baade jeg personlig og det anatomiske institut med sin samling af anthropologisk materiale er megen tak skyldig.

Jeg har i det foreliggende arbeide indskrænket mig til undersøgelsen af de lange, rørformede *extremitetknokler*, der i flere henseender viser interessante anatomisk-anthropologiske variationer.

Naar jeg har tilladt mig at offentliggjøre dette arbeide paa *norsk* med saavidt udførlig litteraturreferat samt med en redegjørelse for metoderne, sker det i den hensigt at lette adgangen til videre undersøgelser i samme eller lignende retning for dem, der her i landet muligens interesserer sig for osteometri; thi besværlighederne med at komme ind i anvendelsen af metoderne og at lære den grundlæggende, meget spredte og for folk her i landet meget vanskelig tilgængelige litteratur at kjende er meget store, ja vist ikke sjelden saa store, at det afskrækker den interesserede begynder, der ingen direkte vejledning har.

Medens undersøgelsen af Norges *nuværende levende* befolkning er grundlagt af brigadelæge dr. C. O. E. Arbo, hvis talrige og vægtige

arbejder maa tjene som basis for ethvert fremtidigt studium af befolkningens fysiske anthropologi, er de hidtil udgivne **anatomisk-anthropologiske** arbejder faatallige. Fra stenalderen har vi kun et nogenlunde konserveret skeletfund, hvis cranium er beskrevet af C. O. E. Arbo. Prof. dr. Jacob Heiberg beskrev flere lappeskaller fra Finmarken og menneskeknokerne fundne i vikingeskibet fra Gokstad. Saavel disse som dr. med. J. Barth's vigtige afhandling: »Norønaskaller« er udført paa det *anatomiske institut*; det samme er tilfælde med de to mindre meddelelser af nærværende arbeides forfatter nemlig angaaende »skeletfundet paa Rør i Ringsaker« og »udsigt over en del fund af gammelnorske kranier«.

Det har imidlertid sin naturlige grund, at der her i landet ikke har kunnet udføres synderlig videnskabelige arbejder i denne retning; thi først i løbet af de sidste 12 aar har man faaet betydeligere samlinger af kranier og skeletdele fra ældre tiders grave. Som bestyrer af universitetets anatomiske institut med samling har jeg anseet det som en af institutets vigtige opgaver at faa samlet et saa righoldig anthropologisk materiale som muligt til belysning af det norske folks anthropologi, nemlig kranier og skeletdele af befolkningen paa de forskjellige steder og fra forskjellige tider. Det saaledes efterhaanden indsamlede materiale kan da for eftertiden tjene som grundlag for videnskabelig bearbejdelse, som vel dog først vil kunne ske i større udstrækning, naar der engang er bygget et nyt anatomisk institut, der forhaabentlig kan blive udstyret med de nødvendige hjælpemidler ogsaa til selvstændig videnskabelig forskning i overensstemmelse med tidens fordringer.

Om fundet af det her behandlede materiale.

- 1° *Skeletdelene* fra Hov (S. No. 29)¹ ♂ Ben af 2 mennesker fundne 1880 i en grav fra *stenalderen* paa Hov i Hurum, ligeoverfor Svelvik. Fra oldsamlingens aarsberetn. 1880, side 132 no. 3.
- 2° *Skeletdele* (S. no. 25) ♂ fra Myklebostad i Lødingen, Nordland, stensat grav, ældre jernalder, 6te aarh. e. C.
- 3° —»— (S. no. 26) ♀ fra Offersø i Lødingen, Nordland, fra slutningen af den ældre jernalder, 8de aarh.
- 4° —»— (S. no. 30) fra Offersø i Lødingen, Nordland, fra den ældre jernalder.
- 5° —»— (S. no. 31) fra Offersø, Lødingen, ældre jernalder.
- 6° —»— (S. no. 33) fra Steigen, Nordland, funden paa Steigen kirkegaard, ældre jernalder, ca. 500 aar e. Chr.
- 7° —»— (S. no. 27) fra Rønvik, ♂ grav fra vikingetiden.
- 8° —»— (S. no. 28) fra Hjeltar i Skiaker, ♂ grav fra vikingetiden.
- 9° *Extremitetknokler* } fundet paa gaarden Rør i Ringsaker, hvor der
og en del cranier } i det 13de aarh. til ca. 1530 stod en kirke (se G. Guldberg: Skeletfundet paa Rør i Ringsaker og Rør kirke, i Vid.-Selsk. Forh. 1895, no. 9).
- 10° *Extremitetknokler, mest* } fra Jæderen, Sole kirke. Middelalderen.
femora, foruden cranier } Knoklerne er samlet af dr. med. J. Barth.

¹ S. No. betyder det anat. instituts samlings nummer; ♂ betyder mand, ♀ betyder kvinde.

- 11° *ca. 90 femora og en del andre extremitetknokler med samt 150 kranier*; udgravne 1898 og 1899 i Trondhjem og oversendt det anatomiske institut ved dr. med. L. Borthens medvirken og velvillige hjælp. Fundet blev gjort paa »Realskolens« tomt samt paa Consul Huitfeldts og Haandværker- og Industriforeningens tomter. Paa den sidste fandtes resten af en kirkemur og i samme en gravsten med inskription fra den første halvdel af det 13de aarhundrede. Skeletlevningerne laa ifølge velvillig oplysning af Victor Ronander, opsynsmand ved gravningen i Trondhjem for Videnskabsselskabet, i 3 lag, hvoraf det underste kun indeholdt hensmuldrede levninger. De indsendte kranier og skeletdele er fra de to øverste lag. Den tid, hvorfra de omhandlede skeletlevninger skriver sig, kan sættes mellem 1100 og 1531, da kirken paa udgravningspladsen brændte. Hvorvidt der skeede begravelser senere, derom foreligger ingen oplysninger. Hvilke folk, der her blev begravet, ved man vistnok heller intet sikkert om; men det maa vel antages at have været folk fra Nidaros by; at der ogsaa kan have været begravet andre end norske, f. ex. udenlandske munke, er selvfølgelig ikke udelukket. Det er derfor ikke urimeligt, om der her ligger en blandet befolkning, hvoraf vel den norske kontingent er størst.
- 12° *De menneskelige skeletdele fra Gokstadskibet* (se N. Nicolaysen: Langskibet fra Gokstad ved Sandefjord. Kristiania 1882).
-

I. Osteometriske undersøgelsesmetoder.

Med hensyn til undersøgelsen af de *lange rørben* af lemmernes skelet, nemlig *clavicula*, *humerus*, *ulna* og *radius*, *femur*, *tibia* og *fibula*, har jeg i den her givne fremstilling væsentlig gjengivet metoderne efter Manouvrier, Lehmann-Nitsche og Rahon¹. I et par tilfælde har jeg foretaget forandringer og angivet nye metoder. Foruden at maale knoklernes *længde* og *bredde* samt *tykkelse* saavel af den hele knokkel som af dens enkelte dele, nemlig diaphysen og epiphyse-enderne, kan ogsaa forskellige særegenheder drages ind i undersøgelsen, saaledes *torsionen*, *vinkelstillinger* og de mere variabelt optrædende benfremspring eller fordybninger. Disse *anatomiske varieteter* er tillagt forskjellig betydning, og man skylder den osteometrisk-anthropologiske forskning det udvidede kjendskab til disse, som den anatomiske videnskab for tiden besidder; i ethvertfald er netop ved de anatomisk-anthropologiske undersøgelser flere nye sider og synspunkter draget frem til belysning af skelettets morfologi, som man tidligere savnede eller havde en høist ufuldstændig opfatning af.

Som maaleskema hidsættes følgende:

Længden. Største længde.

Tykkelsen. 1) *Midten* (Halvdelen af den største længde):

Sagittal diameter, transversal diameter, index, omfang.

2) *Stedet for den mindste omkreds*:

Sagittal diameter, transversal diam., index, omkreds.

¹ Litteraturen over anthropologiske maalemetoder er meget vidtløftig. Her skal jeg kun angive enkelte vigtigere verker:

P. Topinard: L'anthropologie, 3^{ème} édit. Paris 1879. d. s.: Éléments d'anthropologie générale, Paris 1885.

P. Broca: Instructions générales pour les recherches anthropologiques. Paris 1865. 2det oplag 1879.

Bredden: af *øverste epiphyseende* (proximale).

Sagittal diameter, transversal diam.

af *nederste epiphyseende* (distale).

Sagittal diameter, transversal diam.

Ved opfatningen af begrebet »sagittal« og »transversal« maa man ikke tage det i ordets strengeste betydning, men i givne tilfælde lempe sig lidt efter det betræffende steds største og mindste diameter. Det er heller ikke sagt, at man i ethvert tilfælde anvender alle de her opgivne maal.

Som **maaleapparater** bruges følgende:

Broca's maalebræt, planche ostéométrique, med tilhørende retvinklet triangel, »vinkeltriangel« og gjerne ogsaa en liden millimeterskala.

En skyvepasser med skala, inddelt i millimeter.

En krumpasser. Af saadanne har der været konstrueret flere. Den bedste forekommer mig utvilsomt Benedikts krumpasser at være.

En almindelig passer, samt en passer med ridsefjær eller blyant.

Centimetermaal, stivt, til at lægge sammen.

Baandmaal, af et hvidt, uelastisk stof med paatrykte sorte tal (ikke staaletal).

Broca's tropomètre med klammer og staaletal. Nærmere beskrivelse af dette instrument findes hos dr. Emil Schmidt: »Anthropologische Methoden« etc. 1888 pag. 200.

En transparent gradmaaler til bestemmelse af vinklernes gradantal, anvendelig paa maalebrættet og til at tage af.

II. Den tekniske fremgangsmaade (væsentlig efter Lehmann-Nitsche).

Clavicula.

Ofte er Nøklebenet godt konserveret ved gravfund, hvor andre knokler af overextremiteten er defekte; derfor kan dets undersøgelse have betydning, forsaavidt som det gir et udtryk for skuldermuskulaturens udvikling.

Man undersøger følgende:

Største længde: Paa maalebrættets skala afmaales længden ved hjælp af det retvinklede triangel (cfr. femur).

Dr. Emil Schmidt: Anthropologische Methoden. Anleitung zum Beobachten u. Sammeln. Leipzig 1888.

Dr. R. Lehmann-Nitsche: Untersuchungen über die langen Knochen der südbayrischen Reihengräberbevölkerung, i: Beiträge zur Anthropologie u. Urgeschichte Bayerns, München 1895. B. II.

Midtstykkets (diaphysens) krumning.

Den akromiale epiphyse's krumning. Nøklebenet lægges med sin øverste flade paa maalebrættet, idet dens sternale ende samt den dorsalt vendende fremhvelving af benets akromiale parti holdes fast imod maalebrættets vertikalplade. Med »vinkeltriangleret» bliver nu aflæst paa skalaen det mest fremstaaende punkt af diaphysen og af den akromiale ende.

$$\text{Krumningsindexen} = \frac{\text{diaphysens krumning} \times 100}{\text{største længde.}}$$

Den vertikale diameter af benets midte.

Den sagittale diameter — » —

Midten bestemmes paa maalepladen. Stedet afmærkes ved en fin blyantstreg eller ved blæk, hvorefter den vertikale og sagittale diameter bestemmes ved skyvepasserne. Er nogen af epiphyserne defekte, bestemmes midten ved øiemaal, idet man vælger det sted, hvor diaphysen buger sig mest frem fortil.

$$\text{Index for diaphysetværsnittets midte} = \frac{\text{midtens vertikale diameter} \times 100}{\text{midtens sagittale diameter.}}$$

Midtens omfang: Maales ved baandmaal, hvor midten er afmærket.

$$\text{Længde-tykkelse-index} = \frac{\text{midtens omfang} \times 100}{\text{største længde.}}$$

Den franske anthropolog Hamy maaler ogsaa applaneringen og bredden af den akromiale epiphyse.

Humerus, overarmbenet.

Største længde, maales paa Broca's maalebræt.

Øverste bredde }
Nederste — } 2: største transverselle bredde af begge epiphyser.

Denne dimension kan maales ved skyvepasseren. Man opnaar dog nøiagtigere resultat ved maalebrættet: Knokkelen lægges med bagsiden tværs paa maalebrættet, saaat den ene langside ligger fast til maalebrættets vertikale plade. Ved hjælp af triangelet aflæses afstanden fra den vertikale plade til det mest fremstaaende punkt paa øverste og nederste epiphyseende.

Største diameter af midten }
Mindste — » — } Midten findes ved maalebrættet og afmærkes paa benet ved en streg,

hvorefter man ved skyvepasseren maaler de to diametre uden hensyn paa en aldeles nøiagtig »sagittal» eller »transversal» retning. Ved meget defekte ben vælges midten skjønsmæssigt, særlig der, hvor sulcus radialis og tuberositas deltoidea bliver synlig fra forsiden.

Index for *diaphysetværsnittets midte* = $\frac{\text{mindste diameter} \times 100}{\text{største diameter.}}$

Midtens omfang maales ved baandmaal paa det mærkede sted.

Mindste omfang maales ved baandmaal lidt nedenfor tuberositas deltoidea og ovenfor crista externa, hvorfra m. brachio-radialis (radialis ext.?) udspringer.

Længde-tykkelse-index = $\frac{\text{mindste omfang} \times 100}{\text{største længde.}}$

Ledhodets (caput humeri) *største transverselle diameter.*

— do. *mindste sagittale* —

Disse maales ved krumpasser fra den ene bruskrand til den anden, idet diameterne staar lodret paa hinanden.

Index for *ledhodets tværsnit* = $\frac{\text{mindste caputdiameter} \times 100}{\text{største caputdiameter.}}$

Ledhodets omfang maales ved baandmaal langs bruskranden.

Condylodiaphysevinkelen er vinkelen mellem diaphyseaxen og linjen langs undersiden af trochlea og eminentia capitata. Man lægger humerus paa maalebrættet med bagsiden ned og med albuenden trykket mod den vertikale plade. Ved hjælp af gradmaaleren og dennes viser, der indstilles efter diaphyseaxen, kan vinkelen aflæses. For at formindske observationsfeilene, kan man lægge humerus paa den anden side og aflæse igjen og derpaa tage det arithmetiske middeltal af de to observationer. Ved øvelse stemmer snart begge observationer. — Diaphyseaxen kan optrækkes punktvis med blæk eller blyant eller for tilfældet angives ved en tilheftet traad.

Capitodiaphysevinkelen er den vinkel, under hvilken ledhodet (caput) sidder paa overarmens diaphyse og collum anatomicum. Man afmærker caputs bagerste bruskrand ved en streg eller ved en sort traad, der fæstes med vox, ligeledes afmærkes diaphyseaxen paa samme maade, og ved hjælp af et transparent vinkelmaal aflæses graderne.

Torsionen af humerus maales ved hjælp af Broca's *tropometer*. Klammerne fæstes til de nederste epicondylers dreiepunkt, og forbindelseslinjens midte afmærkes efter øiemaal paa trochlea's underside med en fin streg, og midt paa denne stilles nu instrumentets nederste spids. Den øverste spids paa instrumentets skyvbare arm oventil fæstes midt i øverste epiphyseflade, saaat caput seet ovenfra ligesom deles i to halvdele. Diaphysen maa staa lodret. Vinkelen aflæses nu paa den underliggende inddelte Cirkel.

Perforatio fossæ olecrani (*foramen supratrochleare*) forekommer med forskjellig hyppighed hos forskellige folkeslag. Ved undersøgelsen af en række humeri finder man i regelen alle overgange fra en tynd, gennemskinnelig benplade til mindre og større perforationer. Flere bitte

smaa huller regner man for perforation, men det er først med et hul af 2 mm. diameter, at man anser det for et ordentligt gjennebrud. I sjældnere tilfælde kan bredden være 12 mm. og høiden 9 mm. Ved hjælp af en almindelig passer maales størrelsen, og en *index* = $\frac{\text{høide} \times 100}{\text{bredden}}$ er et nummerisk udtryk for hullets form.

Processus supracondyloideus forekommer undertiden; hvis den findes, maales størrelsen, dens sæde paa den mediale eller laterale kant og dens afstand fra de nedenfor liggende ledfladers dybeste parti.

Underarmens knokler, radius og ulna.

Spolebenet og albuebenet maales paa samme maade.

Største længde maales paa maalebrættet.

Afstanden fra øverste (proximale) og *nederste* (distale) *ledflade* maales ved krumpasser.

Største og mindste diameter af knoklernes midtparti. Midten bestemmes paa maalebrættet og afmærkes ved en streg, hvorefter største og mindste diameter maales ved skyvepasseren; de to diametre bør staa lodret paa hinanden. Paa defekte ben med vedligeholdt diaphyse bestemmes midten ved hjælp af baandmaal.

$$\text{Index for diaphysemidtens tværsnit} = \frac{\text{mindste diameter} \times 100}{\text{største diameter.}}$$

Midtpartiets omfang maales ved baandmaal paa det som midten afmærkede sted.

Det mindste omfang maales ifølge Manouvrier ved baandmaal: paa *radius* nedenfor *tuberositas bicipitalis* og paa *ulna* lidt ovenfor dennes distale epiphyse.

$$\text{Længde-tykkelse-index} = \frac{\text{mindste omfang} \times 100}{\text{største længde.}}$$

Laarbenet, femur.

I. Maalinger af laarbenet som helhed.

Største længde og trochanterlængden maales paa Broca's maalebræt. Femur's indre knæknokke støttes mod maalebrættets vertikale plade og ledhodet sættes ned mod maalebrættet, medens trochanter vender op; længden aflæses ved hjælp af vinkeltriangleret paa maalebrættets inddelingsskalaer, idet dets vertikale kant støttes til det mest fremspringende punkt paa *caput* resp. *trochanter major*.

Største længde i naturlig stilling.

Trochanterlængden i naturlig stilling: Knokkelen lægges paa maalebrættet med bagfladen nedad og med begge knæknokers underflade støttet haardt mod den vertikale plade. Diaphysens 'axe kommer da til at danne en vinkel med maalebrættets længdeaxe. Længden aflæses ved det mest fremspringende punkt paa caput resp. trochanter ved hjælp af det retvinklede triangel.

Den sagittale diameter af diaphysens midte.

— transverselle — — — — —

Man finder laarben-diaphysens midte ved hjælp af baandmaalet, der strækkes ud paa femurs forreste flade i en ret linje fra midten af *linea intercondyloidea anterior* til *tuberculum superius lineæ obliquæ* (Waldeyer). Halvdelen af denne afstand afmærkes ved en streg, og her maales da den sagittale og transverselle diameter. — Ved defekte ben maales diameterne dér, hvor *linea aspera* rager mest frem.

Index for tværsnittet paa diaphysens midte = $\frac{\text{midtens sagittale diam.} \times 100}{\text{midtens transverselle diam.}}$

Dette forhold, ogsaa kaldt *index pilastricus*, angiver den mere eller mindre fremstaaenhed af *linea aspera*.

Omfanget af midten maales ved baandmaal paa det afmærkede sted for diaphysens midte.

Diaphysens mindste omfang maales ved baandmaal; denne falder undertiden midt paa diaphysen, som nærmest ovenfor angivet, men hyppigere noget ovenfor midten; Manouvrier angiver stedet: »øverste bifurkation af *linea aspera*«. Men da dette sted ikke altid er saa bestemt, maa man prøve sig frem, hvor omfanget er mindst. I enkelte tilfælde kan omfanget være mindst lidt nedenfor midten; i disse tilfælde bør midtens omfang lægges til grund.

Længde-tykkelse-index = $\frac{\text{mindste omfang} \times 100}{\text{største længde i naturlig stilling}}$ (Manouvrier).

II. Maalinger af laarbenets *proximale* ende.

Øverste femurendes bredde. Laarbenet lægges med bagfladen paa maalebrættet til bestemmelse af bredden, idet ydre kant trykkes ind til maalebrættets vertikale plade og breddens størrelse aflæses ved vinkeltriangel, som støttes mod det mest fremstaaende punkt af caput.

Den »øverste epiphyse længde« (Lehmann-Nitsche) maales ved krumpasser fra det høieste punkt af caput og epiphyseaxens endepunkt paa femurs laterale flade; man trækker da op en linie, der angiver *collum's*

axe. Dette maal behøver man ikke at tage; Lehmann-Nitsche har foreslaaet det til erstatning for »øverste femurendes bredde«, da præhistoriske knokler ikke sjelden er saa beskadigede, at bredden ikke kan maales.

Største »vertikale» diameter af collum femoris.

Mindste »sagittale» — — — — —

Disse maales ved skyvepasseren. Som bekendt danner et tværsnit af collum femoris en ellipse, hvis største diameter ikke ligger i diaphyseaxens plan, men holder noget fortil og derved danner en vinkel med diaphyseaxen α : *collums rotationsvinkel*. Tværsnits-ellipsens lille diameter staar derfor heller ikke vertikalt paa diaphyseaxen. Ved maalingen af disse diameterer maa man derfor tage hensyn hertil og maale paa collums smaleste parti dens tværsnits »store« og »lille« diameter, der saaledes afviger fra diaphyse-axen saameget, som collums rotationsvinkel angiver.

$$\text{Collumtværsnittets index} = \frac{\text{collums mindste diameter} \times 100}{\text{collums største diameter.}}$$

Collums mindste omfang maales ved baandmaal.

Ledhodets (caput femoris) største »vertikale» diameter,

— — — — — mindste »sagittale» —

Disse maal tages ved skyvepasseren, og man maa herved vel lægge mærke til, at caput ligesom collum ikke har sin største vertikale diameter parallel med diaphyseaxen, men ligesom for collums vedkommende paa skraa fortil.

$$\text{Index for laarbenledhodets tværsnit} = \frac{\text{mindste diam.} \times 100}{\text{største diameter.}}$$

Omfanget af ledhodet tages med baandmaal, og dets største omfang ligger omtr. $\frac{1}{2}$ ctm. fjernet fra ledbruskranden indover mod fovea capitis.

Længden af hals + hode, maales ved skyvepasser og er angivet af den japanske anthropolog Koganei. Maalet tages fra »Crista intertrochanterica« til ledhodets mest fremspringende punkt. Er paa velkonserverede knokler mindre nødvendig.

Collums længde, fra crista intertrochanterica til caputs bruskrand. Virchow har anvendt dette maal; det er meget vilkaarlighed underkastet.

III. Maalingen af laarbenets *distale* ende.

Knæknokernes bredde. Laarbenet lægges paa maalebrættet med bagfladen ned og med sin laterale side mod maalebrættets vertikalplade, hvorefter man ved hjælp af vinkeltrianglet aflæser den *største bredde* ved det mest fremspringende punkt af condylus internus.

Tykkelsen (o: sagittale) af condylus externus. Laarbenet stilles lodret paa maalebrættet med bagfladen af condylus ext. mod vertikalpladen, hvorefter aflæses det mest fremspringende punkt af samme condyls forside ved hjælp af vinkeltriangleret.

Den nederste sagittale minimaldiameter maales ved krumpasser, sagittalt ca. 1 ctm. ovenfor bruskranden paa condyli femoris.

IV. Særegne maalinge af laarbenet.

Laarbendiaphysens krumning er sædvanlig bleven maalt med skyvepasser, idet man lægger benet paa maalebrættet med bagfladen ned, hvorved det hviler med øverste og nederste ende paa underlaget. Man sætter skyvepasseren med den faste tværstang fast til underlaget og aflæser ved den bevægelige stang diaphysens høieste punkt, hvorved tykkelsen af passerens nederste tværstang (1 ctm.) tælles med.

Lehmann-Nitsche bemærker meget rigtig, at denne methode er unøjagtig og foreslaar som bedre en »projektionstegning«. — Jeg tiltræder fuldstændig denne opfatning og har derfor tildels behandlet dette spørgsmaal i forbindelse med andre sider ved krumningen; resultaterne af disse undersøgelser vil senere offentliggøres.

Den saakaldte *krumningsindex* er
$$= \frac{\text{krumning af diaphysen} \times 100}{\text{største trochanterlængde.}}$$

Platyeriens bestemmelse.

Øverste diaphyseparti's transverselle diameter.

— » — *sagittale* —

Stedet for den største applanering forfra bagtil ligger noget nedenfor trochanter minor; hvis denne applanering ikke er tydelig, maaler man 3 ctm. nedenfor basis for troch. min., hvor stedet afmærkes ved en streg.

Index platymericus
$$= \frac{\text{øverste sagittale diaph. diam.} \times 100}{\text{øverste transverselle diaph. diam.}}$$

Omfanget af diaphysens øverste parti maales med baandmaal paa det afmærkede sted.

Collo-diaphysevinkelen er den vinkel, som collum danner med midtstykket. For at maale denne maa de to parti's akse bestemmes. Manouvrier trækker op efter øiemaal vinkelen paa knokkelen ved hjælp af en blyant og maaler vinkelen med en gjenemsigtig vinkelgradmaaler, der er forsynet med en viser. Lehmann-Nitsche bestemmer diaphyse- og collumaxen ved hjælp af 2 sorte traade, der fæstes ved vox og aflæser da vinkelen ved den transparente gradmaaler, der lægges direkte paa traadene. — Jeg har mest anvendt Manouvrier's fremgangsmaade med at

optrække blyantstreger paa benet, men bestemmer den rigtige retning ved hjælp af traade. Diaphyseaxen kan forøvrigt lettest afmærkes, hvilket ogsaa Lehman-Nitsche antyder, ved at opstille punkter eller linier fra midten af linea intercondyloidea ant. til tuberculum sup. lineæ obliquæ.

Condylodiaphysevinkelen er den vinkel, som horizontalen paa undersiden af condyli femoris danner med diaphyseaxen. Man sætter laarbenet med knæknokkerne fast mod maalebrættets vertikalplade og efter at have fixeret den transparente vinkelgradmaaler paa samme sigter man nu med viseren efter diaphyseaxen og aflæser vinkelen, som diaphyseaxen danner med perpendikulæren paa horizontalen.

Torsionsvinkelen bestemmes med Broca's tropometer. I nærværende arbejde er dette maal ikke udført. Angaaende den tekniske fremgangsmaade hermed henvises til Lehmann-Nitsche og Rahon.

Collums rotationsvinkel, først bestemt af Lehmann-Nitsche. Med hensyn til den tekniske fremgangsmaade henvises til hans arbejde pag. 288.

Trochanter tertius, crista og fossa hypotrochanterica. Idet jeg henviser til kapitlet under femur om disse variationer, skal jeg kun gjøre opmærksom paa, at man kan med kombinationerne adskille 7 variationer, nemlig: Crista hypotroch., fossa hypotroch. og troch. III, fossa + crista, fossa + troch. III, crista + troch. III, fossa + crista + troch. III. Man gjør bemærkning saavel ved det enkelte som ved de kombinerede tilfælder. Under crista henregnes tuberositas glutæalis.

Skinnebenet, tibia.

Største længde maales paa maalebrættet; condyli sættes an mod den verticale plades udskjæring, saaat eminentiæ condyloideæ ikke regnes med i længden. Vinkeltrianglet sættes mod det *mest* fremspringende punkt af malleolus, og længden aflæses paa skalaen.

Ledfladernes afstand. Samme fremgangsmaade; vinkeltrianglet rettes mod det *mindst* fremspringende punkt af nederste ledflade.

Øverste ledendes bredde.

Nederste do. do., maales paa maalebrættet som for femur anført. Knokkelens bagside lægges ned, langsiden fast mod den vertikale plade og ved trianglet aflæses paa skalaen det mest fremspringende punkt af øverste og nederste epiphyse.

Midtpartiets transverselle diameter.

— *sagittale* — Midten bestemmes paa maalebrættet, afmærkes ved en streg, og diameteren maales ved skyvepasser.

$$\text{Index for midtens diaphysetværsnit} = \frac{\text{transverselle diameter} \times 100}{\text{sagittale diameter.}}$$

Midtens omfang. Baandmaal, paa det afmærkede sted.

Mindste omfang. Baandmaal, omtr. 10 cm. ovenfor malleolus's nederste punkt. Man maa selvfølgelig i det enkelte tilfælde prøve sig frem.

$$\text{Længde-tykkelse-index} = \frac{\text{mindste omfang} \times 100}{\text{største længde.}}$$

Sagittale og transverselle diameter i høide med foramen nutritium. Maales ved skyvepasser.

$$\text{Index cnemicus} = \frac{\text{transvers, diam. i høide med foramen nutrit,} \times 100}{\text{sagittal diam. i høide med foramen nutrit,}}$$

Omfang i høide med foramen nutritium. Baandmaal.

Tibia's *retroversion* og *inclinationsvinkel* vil nærmere blive omhandlet under behandlingen af tibia. Se forøvrigt herom Lehmann-Nitsche's afh. (I. c.) pag. 291—92 og G. Retzius¹.

Lægbenet, fibula.

Største længde bestemmes paa maalebrættet som for de øvrige lange bens vedkommende.

Største diameter af benets midte } Efterat midten er bestemt paa
Mindste — — — — — } maalebrættet og afmærket, aflæses
 diameteren ved hjælp af skyvepasserne.

$$\text{Index for diaphysemidtens tværsnit} = \frac{\text{mindste diameter af midten} \times 100}{\text{midtens største diam.}}$$

Midtens omfang: baandmaal.

Mindste omfang: baandmaal; noget nedenfor øverste epiphyse (Manouvrier).

$$\text{Længde-tykkelse-index} = \frac{\text{mindste omfang} \times 100}{\text{største omfang.}}$$

Imidlertid findes der ogsaa andre morphologiske forholde, som man ikke nummerisk kan angive, idet kun en afbildning opklarer det rette forhold.

¹ Gustaf Retzius: Ueber die Aufrichtung des foetalretrovertirten Kopfes der Tibia beim Menschen. Zeitschrift f. Morphologie u. Anthropologie, 1900, Bd. II, S. 166.

II. Femora, laarknokler.

1. De almindelige størrelsesforholde.

De undersøgte laarben var for en større del i meget godt konserveret tilstand, saaat man kunde foretage de vigtigste maalinge paa dem. Da materialet skriver sig fra forskjellige steder af landet og fra forskellige tidsperioder, har jeg inddelt dem derefter i grupper, der hver for sig er behandlet — og hvoraf middeltallet af maalingerne er oversigtlig gjengivet i tabeller.

1. Med hensyn til *Trondhjems-laarknoklernes almindelige størrelsesforholde* fremgaar disse af følgende tabeller, hvor zifferne repræsenterer *middeltallet* af de enkelte maalinge. Antallet af undersøgte ben for hver rubrik findes anført i parentes ().

Med hensyn til *længden* ser man, at venstre femur gennemgaaende er længere end højre, hvilket saaledes bekræfter den af saamange forskere paaviste eiendommelighed hos mennesket, at venstre laarben oftere er længst. Imidlertid kan man af de her givne resultater intet slutte med hensyn til hyppigheden af, naar venstre eller højre laarbenknokkel er størst; thi ingen af de her undersøgte specimina fra Trondhjem var mærket ved udgravningen som sammenhørende, altsaa fra samme individ. Tallene angiver kun, at af (mænd + kvinder) 39 højre og 45 venstre laarknokler er de sidste gennemsnitlig længere. Hvorledes længde-forholdet mellem højre og venstre femur og mellem højre og venstre extremitet er, skal jeg under henvisning til tidligere arbejder ikke nærmere berøre her¹. Ligeledes bemærker man en ikke ringe forskjel i længde mellem

¹ G. Guldberg: Om extremitets-asymmetrien hos mennesket, i Norsk Mag. for Lægevidenskab, 1897.

La dyssymétrie morphologique et fonctionnelle etc. i Universitetets festskrift i anledning af H. M. Kong Oscar d. II's 25-aarige regjeringsjubilæum, 1897.

Femora fra Trondhjem	Mænd			Kvinder			Mænd + kvinder		
	venstre		h + v	venstre		h + v	venstre		h + v
	hoire	venstre	(59)	hoire	venstre	(14)	hoire	venstre	(84)
Største længde	(26) 459,84	(33) 495,56	462,93	(11) 417,45	(14) 423,8	(25) 421,00	(37) 436,43	(47) 453,00	(84) 450,45
Trochanterlængde	(20) 441	(27) 443,33	(47) 443,19	(8) 402,12	(11) 406,45	(19) 404,63	(28) 429,64	(38) 433,71	(66) 431,97
Største længde i naturlig stilling	(28) 455,6	(33) 459,3	(61) 457,5	(11) 414,1	(12) 419,0	(23) 416,5	(30) 434,85	(45) 439,65	(84) 437,25
Trochanterlængde i naturlig stilling . . .	(20) 433,95	(27) 438,55	(47) 436,25	(8) 395,12	(10) 396,8	(18) 395,55	(28) 422,85	(37) 427,27	(65) 425,37
Diaphysemidtens sagittale diameter . . .	(28) 29,10	(33) 29,75	(61) 29,46	(10) 25,20	(14) 25,71	(24) 25,5	(38) 28,08	(47) 28,55	(85) 28,34
Diaphysemidtens transv. diameter	(28) 28,08	(35) 27,98	(63) 28,03	(10) 24,70	(12) 24,54	(22) 24,61	(38) 27,2	(47) 27,1	(85) 27,14
Index for diaphysemidtens tværsnit . . .	(28) 103,86	(35) 106,92	(63) 105,83	(10) 102,37	(12) 104,07	(22) 104,61	(38) 103,47	(47) 106,29	(85) 105,03
Mindste diaphyseomfang	(28) 87,71	(34) 83,20	(62) 85,24	(12) 77,6	(14) 78,42	(26) 78,00	(38) 85,05	(48) 81,87	(86) 83,28
Længde-tykkelse-index	(27) 19,26	(34) 19,13	(61) 19,26	(10) 18,54	(13) 18,27	(23) 18,39	(37) 19,07	(47) 18,99	(84) 19,02

mandlige og kvindelige laarben. — Derimod viser omfanget af laarbenknoklens midtstykke sig gjennemgaaende større paa høire end paa venstre hos mænd med en liden forøgelse paa venstre side for kvindernes vedkommende. Den relative tykkelse (3: længde-tykkelse-index) er gjennemgaaende størst paa høire side. Laarknokler fra »Reihengräber«-befolkningen i Bayern, specielt fra »Bajuvarerne«, stemmer i denne henseende overens med de her undersøgte.

Med hensyn til den *absolute størrelse* af laarknoklerne fra Trondhjem er denne ikke meget stor, som middeltallet (462 og 457 cfr. tabellen) viser.

Hos *mænd* var »mindste længde« i nat. stilling: 409 mm. og »største længde« 528,5 mm.

Hos *kvinder* var »mindste længde« i nat. stilling: 373 mm. og »største længde« 473 mm.

Bortser man fra de 7 mindste og de 4 største tal, varierer den overveiende mængde af de mandlige laarknokler fra 430 til 488 mm. og af de kvindelige knokler fra 393 til 443 mm., naar man hos de sidste bortser fra de 3 laveste og de 3 høieste tal. Sammenligner man disse størrelser med, hvad Lehmann-Nitsche fandt hos »Reihengräber«-befolkningen i Bayern, er de her anførte tal meget mindre, om der end optræder blandt Trondhjems-knoklerne et par tilfælder af overmaade store laarben som f. ex. 515 mm. og 528 mm., hvilke størrelser ikke forekommer blandt de omtalte Bajuvarer, Alemanner og Schwaber.

Angaaende størrelsen af laarknoklernes *øverste epiphyse-parti* vil man af vedføiede tabel se dimensionerne:

	<i>mænd</i>		<i>kvinder</i>	
	største:	mindste:	største:	mindste:
Øverste bredde	110 mm.,	80 mm.,	95 mm.,	65 mm.
— epiphysepartiets længde	124	89	102	82
<i>Collum's</i> vertikaldiameter	43	31	34	29
— sagittaldiameter	32	24	29	19,5
— omfanget	122	91	100	76
<i>Caput's</i> vertikaldiameter	53	40	46	36
— sagittaldiameter	51	41	45,5	36
— omfang	164	132	145	113

Til yderligere belysning af femurs størrelsesforholde har jeg opstillet følgende tabellariske oversigt med beregninger af middeltallet af de enkelte partiers størrelse samt index for collum og for caput femoris.

Trondhjems-femora (det proximale parti)	Mænd			Kvinder			Mænd + kvinder		
	høire	venstre	h. + v.	høire	venstre	h. + v.	høire	venstre	h. + v.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Bredden af øverste laarben-ende.	(28) 95	(31) 94,8	(59) 94,90	(11) 82,45	(13) 84,84	(24) 83,75	(39) 91,2	(44) 91,86	(81) 90,47
Længden af øverste epiphyse-ende.	(25) 102,30	(36) 102,10	(61) 102,18	(11) 91,91	(13) 93,26	(24) 92,62	(36) 99,12	(49) 99,75	(85) 99,48
<i>Collum femoris</i>									
Laarhalsens »sagittale« diameter.	(27) 26,85	(33) 27,16	(60) 27,02	(11) 24,50	(15) 23,75	(26) 24,05	(38) 26,17	(48) 26,09	(86) 26,12
— »vertikale« —	(27) 34,64	(33) 33,86	(60) 34,21	(11) 29,72	(14) 30,07	(25) 29,95	(38) 33,21	(47) 32,72	(85) 32,96
Index colli femoris.	(27) 77,64	(34) 77,86	(61) 77,76	(11) 80,71	(13) 77,47	(24) 78,99	(38) 78,55	(47) 77,75	(85) 78,11
Laarbenhalsens omfang	(27) 102,41	(34) 103,20	(61) 102,90	(10) 87,90	(13) 87,46	(23) 87,65	(37) 98,56	(47) 98,85	(84) 98,72
<i>Caput femoris</i>									
Lædhodets »vertikale« diameter	(27) 47,13	(29) 47,94	(56) 47,71	(9) 42,88	(11) 40,68	(20) 41,67	(36) 46,04	(40) 46,20	(76) 46,12
— »sagittale« —	(23) 46,39	(30) 46,63	(53) 46,52	(8) 41,81	(12) 40,70	(20) 41,15	(31) 45,21	(42) 44,94	(73) 45,05
— tværsnits-index	(23) 98,10	(28) 97,91	(51) 98,00	(8) 98,98	(11) 99,12	(19) 98,01	(31) 98,34	(39) 98,25	(70) 98,29
— omfang	(22) 148,04	(29) 148,8	(51) 148,5	(7) 134,4	(9) 129,1	(16) 131,4	(29) 144,7	(38) 143,8	(67) 144,4

Forskjellen mellem *høire* og *venstre* side sees af de opførte gennemsnitsberegninger at være yderst liden og for de enkelte partiers vedkommende er snart den høire side, snart den venstre side den overveiende. At der viser sig en større difference i værdierne mellem de mandlige og kvindelige femora's øverste ende, er paatageligt og vel ogsaa naturligt.

Sammenlignes disse maalingers middeltal med Lehmann-Nitsche's hos Bajuvarene, Alemanner og Schwaber, er forskjellen meget liden, kun i enkelte dele noget større hos Bajuvarene, der ogsaa gennemsnitlig havde længere femora. Af interesse er maaske, at forskjellen mellem den vertikale og sagittale diameter paa caput femoris synes gennemgaende at være større hos Bajuvarene end hos de her undersøgte, hvor caput femoris nærmer sig mere kuglens form; i forbindelse hermed sees ogsaa, at index for caput femoris har noget høiere værdi (98,29 hos Trondhjems-knoklerne, 96,91 hos Bajuvarene).

Laarknoklernes *nederste epiphyseparti*, 3: knæknokkerne, viser ifølge maalingerne følgende størrelsesforholde:

<i>Transversalbredden</i>	hos <i>mænd</i> :	største: 92 mm.,	mindste: 73 mm.
	- <i>kvinder</i> :	— 75 —	— 45 —
<i>Sagittal diam. af condyl. ext.</i>	- <i>mænd</i> :	— 70 —	— 60 —
(3: ydre knæknokes tykkelse)	- <i>kvinder</i> :	— 65 —	— 43 —
<i>Den sagittale minimums-</i>			
<i>diameter</i>	- <i>mænd</i> :	— 34 —	— 24 —
	- <i>kvinder</i> :	— 31 —	— 23 —

Trondhjems-femora	Mænd			Kvinder			Mænd + kvinder		
	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.
Transversalbredden . . .	(20) 76,7	(26) 78,6	(46) 77,6	(6) 71	(7) 65,1	(13) 67,8	(26) 75,4	(33) 75,7	(59) 75,6
Sagittal diam. af cond. ext.	(25) 61,7	(29) 62,7	(54) 62,3	(9) 57,4	(11) 54,6	(20) 55,9	(34) 60,6	(40) 60,05	(74) 60,5
Den sagittale minimal- diameter.	(27) 28,62	(31) 29,4	(58) 29,0	(10) 24,9	(14) 26,0	(24) 25,5	(37) 27,6	(45) 28,3	(82) 28,01

Af tabellen sees, at hos *mænd* er dimensionerne af laarbenets knæknokker mindre paa høire side end paa venstre, hvilket ogsaa var tilfælde hos Alemanner og Schwaber, men ikke hos Bajuvarene; hos *kvinderne* er condylernes transversaldiameter samt sagittal-diam. af condyl. ext. størst paa høire side, medens den sagittale minimumsdiameter er størst paa venstre

side. Med hensyn til den absolute størrelse er der kun ubetydelig forskjel mellem de her undersøgte og laarknoklerne fra de bayerske »rækkegrave«. — Forøvrigt kan bemærkes, at forskjellen mellem de mandlige og kvindelige laarknoklers knæknoker ikke er saa ret betydelig, naar undtages den sagittale minimaldiameter.

Med hensyn til *diaphysekrumningen* vil denne blive omhandlet mere specielt i et senere arbeide.

II. Laarknoklerne fra *Sole* kirke bestaar kun af 5 mandlige femora og er dertil udvalgte af en hel del andre som store og kraftige exemplarer. Tiden, hvorfra de skriver sig, er noget usikker. De danner saaledes intet udtryk for en egns eller en tids befolkning. Hosstaaende tabel angiver størrelsesforholdene i middeltal.

Disse store og kraftige knokler stemmer i sine almindelige størrelsesforholde overens med de under første gruppe omtalte: venstre sides er i det hele længere end højre sides, medens tykkelsen er paa højre side overveiende. Den absolute længde varierer mellem 491 og 517 mm. og 488 til 515 mm. i naturlig stilling.

De samme knoklers *nederste epiphyseparti*, *s: knæknokerne*, frembyder ingen særlig interesse.

Condylernes bredde er paa højre side 85 mm., venstre 79 mm.

Condyl. ext. varierer i tykkelse fra 65 mm. til 89 mm. og den nederste sagittale minimaldiameter mellem 29 og 34 mm.

Femur som helhed	Mænd 5 st.			Femurs øverste ende	Mænd		
	hoire	venstre	h. + v.		hoire	venstre	h. + v.
Største længde	(2) 494,5	(3) 509	(5) 503,2	Bredden af øverste laarbenende	(2) 96	(1) 97	(3) 96,5
Trochanterlængde	(2) 484	(1) 477	(3) 481,6	Længden af øverste epiphyseende	(2) 105,5	(3) 103	(5) 104
Største længde i naturlig stilling	(2) 491	(3) 506	(5) 500	Laarhalsens »sagittale« diameter	(2) 28,5	(2) 28,5	(4) 28,5
Trochanterlængde i naturlig stilling	(2) 473,5	(1) 475	(3) 474	— »vertikale« diameter	(2) 35,5	(2) 38	(4) 36,7
Midtens sagittaldiameter	(2) 32	(3) 30,6	(5) 31,2	Index colli femoris	(2) 75,36	(2) 75,14	(4) 75,25
— transversaldiameter	(2) 29,7	(3) 26,6	(5) 27,9	Omfanget af collum femoris	(2) 102	(2) 108,5	(4) 105,2
Index for diaphysemidtens tværsnit	(2) 107,61	(3) 117,9	(5) 112,5	(Caput femoris) Laarhodets »vertikale« diameter	(2) 51,5	(2) 51	(4) 51,25
Mindste omfang	(2) 94,5	(3) 89	(5) 91,5	— »sagittale« diameter	(2) 59,2	(1) 50	(3) 59,1
Længde-tykkelse-index	(2) 19,21	(3) 18,23	(5) 18,62	— tværsnittets index	(2) 97,57	(1) 96,5	(3) 96,86
				— omfang	(2) 160	(1) 159	(3) 159,5

III. De 7 knokler fra *Rør* kirke (den senere middelalder), hvoraf 5 mandlige og 2 kvindelige, er meget vel konserverede og blev udvalgt som de bedst vedligeholdte af en hel del brudstykker. Nedenstaaende tabel viser deres almindelige størrelsesforholde.

Laarbenene fra <i>Rør</i>	Mænd (5)			Kvinder (2)			Mænd + kvinder (7)		
	høire	venstre	h. + v.	høire	venstre	h. + v.	høire	venstre	h. + v.
Største længde	(4) 483	(1) 510	(5) 488,2	(1) 444,5	(1) 418	(2) 431,2	(5) 475,3	(2) 462,5	(7) 471,6
Trochanterlængde	(4) 464,2	(1) 470	(5) 464,6	(1) 423	—	—	455,2	—	(6) 457,6
Største længde i naturlig stilling	(4) 477,5	(1) 505	(5) 483,5	(1) 442	(1) 412	(2) 427	(5) 470,4	(2) 458,5	(7) 467
Trochanterlængde i naturlig stilling	(4) 451	(1) 468	(5) 454,4	(1) 413	—	—	(5) 443,4	—	(6) 447,5
Diaphysemidtens sagittale diameter	(4) 30,7	(1) 29	(5) 30,4	(1) 26	(1) 21,5	(2) 23,7	(5) 29,8	(2) 25,2	(7) 28,7
Diaphysemidtens transvers. diameter.	(4) 28,8	(1) 29	(5) 28,9	(1) 25	(1) 25,5	(2) 25,2	(5) 28,1	(2) 27,2	(7) 27,8
Tværsnits-index for diaphysemidten	(4) 106,54	(1) 100,0	(5) 105,23	(1) 104,00	(1) 84,31	(2) 94,15	(5) 106,03	(2) 92,15	(7) 102,07
Diaphysens mindste omfang	(4) 92,2	(1) 91	(5) 92	(1) 79	(1) 74	(2) 77,5	(5) 89,6	(2) 82,5	(7) 87,5
Længde-tykkelse-index	(4) 19,34	(1) 18,02	(5) 19,07	(1) 17,87	(1) 17,96	(2) 17,91	(5) 19,04	(2) 17,99	(7) 18,74

Med hensyn til *nederste* (distale) *parti* af laarknoklerne fra Rør henvises til følgende tabel:

Det nederste epiphyse-parti	Mænd			Kvinder			Mænd + kvinder		
	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.
Bredden af condyli fem.	(4) 83	(1) 81	(5) 82,6	(1) 70	(1) 67	(2) 68,5	(5) 80,4	(2) 74	(7) 78,5
Sagitt. diam. af condyl. ext.	(4) 65	(1) 66	(5) 65,2	(1) 55	(1) 53	(2) 54	(5) 63	(1) 59,5	(7) 62
Nederste sagittale minimaldiameter	(4) 30,5	(1) 31	(5) 30,6	(1) 25	(1) 26	(2) 25,5	(5) 29,4	(2) 28,5	(7) 29,1

Sammenlignes talværdierne her med de tilsvarende for laarknoklerne fra Trondhjem, finder man de for knoklerne fra Rør gennemsnitlig større. Da antallet af venstresidige og kvindelige knokler er saa faatalligt, kan ingen almindelige slutninger drages.

IV. Fra *vikingetiden* og *den ældre jernalder* (fra 5te til det 9de aarh.) foreligger et vistnok faatalligt, men i det store og hele vel konserveret materiale, der har tilhørt 7 individer, tilsammen 12 laarbensknokler, hvoraf de 8 er mandlige, de 4 kvindelige; hertil kommer et laarbens øverste ende, hvor kun platymerien kunde undersøges. — Disse knokler er fundet for største delen i det nordlige Norge, nemlig de 6 individer, medens et individ er fundet i det sydlige, tilhørende det navnkundige Gokstadfund ved Sandefjord.

Om knoklernes almindelige størrelse og form giver hosstaaende tabel oplysning.

Disse knokler har i det hele en ikke ubetydelig længde; maalt i naturlig stilling er den mindste længde hos de mandlige 455 mm., den største 507 mm., og af de kvindelige er den mindste 427 mm., den største 430 mm. Gennemsnitslængden for de mandlige er 481,5 mm. og for de kvindelige 429 mm. Ogsaa her synes venstre sides i de fleste dimensioner at være præ-dominerende ligeoverfor højre sides, men materialet er forøvrigt for ringe til at berettiggte videregaaende konklusioner.

Almindelige størrelsesforholde	Mænd		Kvinder		Mænd + kvinder	
	hoire	venstre	hoire	venstre	hoire	venstre
Største længde	(3) 481	(4) 485,5	(7) 483,5	(2) 432,7	(5) 461,8	(6) 467,8
Største trochanterlængde	(3) 460,6	(2) 455	(5) 458,5	(2) 420	(5) 445,2	(4) 437,5
Største længde i naturlig stilling	(3) 478	(3) 485	(6) 481,5	(2) 428	(5) 458,8	(5) 462,2
Trochanterlængde i naturlig stilling	(3) 451,6	(2) 456	(5) 453,4	(2) 413	(5) 436,6	(4) 434,5
Diaphyse midten » sagittale» diameter	(4) 33,8	(4) 33,6	(8) 33,7	(2) 25,5	(6) 30,8	(6) 30,9
» transversale» diameter	(4) 30	(4) 33,3	(8) 34,6	(2) 27,2	(6) 29,0	(6) 30,5
— index	(1) 113,05	(4) 101,18	(8) 107,10	(2) 91,99	(6) 106,12	(6) 98,1
Diaphysens mindste omfang	(4) 98	(4) 103,2	(8) 100,6	(2) 82	(6) 92,3	(6) 96,1
Længde af balle » index	(3) 109,3	(3) 21,52	(6) 20,72	(2) 10,15	(5) 19,02	(5) 20,57

Hos disse knokler sees i flere henseender, at venstre sides har noget større dimensioner end højre sides, ialfald for mandens vedkommende. Ligesom for de 2 foregaaende grupper vedkommende er denne gruppes *ledhoder* (caput femoris) for mandens vedkommende meget stor, gennemsnitlig 5 cm. i diameter. Ogsaa her finder man en forholdsvis liden forskjel paa ledhodets »vertikale« og sagittale« diameter, saaat ledhodets ellipsoid nærmer sig meget en kugle. Sammenlignet med laarknoklerne fra Trondhjem, er dimensionerne hos den sidst behandlede gruppes gennemgaaende større. Sammenlignet med laarknoklerne fra »Reihengraber«-befolkningen (Lehmann-Nitsche), er ogsaa dimensionerne i de fleste henseender større end Bajuvarernes og gennemgaaende større end hos Alemanner og Schwaber.

Nedenstaaende tabel viser gennemsnitsstørrelsen af denne gruppe laarknoklers *nederste ledende eller distale epiphyseparti*

Laarknoklernes distale ende	Mænd			Kvinder			Mænd + kvinder		
	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.	h.	v.	h. + v.
Bredden af condyli fem.	(3) 40,3	(2) 44	(5) 91,8	(2) 77	(2) 75,5	(4) 76,2	(5) 85	(4) 84,7	(9) 84,9
Sagittaldiameteren af condylus externus	(3) 66	(2) 66,5	(5) 66,2	(2) 59,5	(2) 59	(4) 59,2	(5) 63,4	(4) 62,5	(9) 63,1
Nederste sagittale mindstemåldiameter	(3) 30,3	(3) 33,3	(6) 32	(2) 28,5	(2) 28,5	(4) 28,5	(5) 29,6	(5) 31,6	(10) 30,6

Hos de *mandlige* laarknokler er ogsaa her *venstre* side noget prædominerende i dimensioner, medens hos de kvindelige højre side er størst eller lig venstre. Sammenlignet med Trondhjemsknoklerne er denne gruppes størst.

De største af disse laarknokler fra Vikingetiden er de, der fandtes i Gokstadskibet¹, der ubetinget har tilhørt en mere end almindelig stor og stærktbygget mand. Højre og venstre laarbens absolute længde var 506 og 509 mm. og i naturlig stilling (se undersøgelsesmetoderne) henholdsvis 502 og 507 millimeter. Caput femoris var 52 (h.) og 54 (v.) i vertikalen

¹ N. Nicolaysen: Langskibet fra Gokstad. Kristiania 1882. — Naar de her angivne maaler afviger noget fra de i den tidligere beskrivelse givne, hidhører dette vistnok fra, at jeg har anvendt en anden metode og andre apparater.

og 51,5 (h.) og 52,5 (v.) i sagittalretning, den sagittale minimaldiameter 36 (h.), 39 (v.), hvilket tilstrækkelig karakteriserer knoklernes almindelige størrelsesforholde.

2. Om femurs pilasterform.

Som bekjendt er *linea aspera* forskjellig fremtrædende paa de forskjellige laarknokler; snart er den skarpt fremspringende som en kam, snart kun lidet ophøiet. I almindelighed finder man, naar femurdiaphysens diametre maales, at den *sagittale* diameter er noget *større* end den *transverselle*. Forøges imidlertid den første betydelig, idet *linea aspera* lig en skarp crista blir saaledes fremspringende, at diaphysen ligesom er fastheftet til en »søile« bagtil, taler man om et *pilasterformet femur* eller *søileformet laarknokkel*. For at erholde et udtryk for dette forhold beregner man en *index pilastricus* = $\frac{\text{sagittaldiameteren} \times 100}{\text{transversaldiameteren}}$, idet man maaler sagittaldiameteren, hvor crista er høiest, hensigtsmæssigst ved diaphysens midte (se methoderne side 12).

Med hensyn til *index pilastricus* hos forskellige folkeslag, hvor denne er bleven undersøgt, hidsættes nedenstaaende oversigt (citeret efter Lehmann-Nitsche's arbejde):

Antal femora	Racetype	Index pilastricus	Undersøger
	Japanesere	100,0	Koganei
	Aino	103,1	—
	Schweizere	103,3	Martin
10	Ildlandsbeboere	103,5	—
182	Bajuvarer	103,78	Lehmann-Nitsche
33	Franskmænd	104,8	Topinard
94	Schwaber og Alemanner	105,3	Lehmann-Nitsche
15	Yngre Stenalder, Grotte de Bay . .	106,7	Topinard
29	Peruaner	106,84	
15	Pariser	109,2	} Topinard
15	Yngre stenalder, Grotte d'Orrouy .	109,3	
9	— » — hule »Toter Mann« .	109,6	
13	Præhistoriske Aino	110,4	Koganei
48	Sioux Indianere	111,4	
44	Andre nordamerikanske Indianere .	112,45	
131	Saladoaner (Indianere)	115,85	
5	Grand Canaries	117,5	Topinard
12	Negere	119,81	
8	Wedda ♂	122,1	Sarasin
1	Cro-Magnon	128,0	Topinard

Idet jeg henviser til ovenstaaende tabel med hensyn til *index pilastricus* hos forskjellige folkeslag, skal kun tilføies, at Lehmann-Nitsche fandt crista mere fremspringende paa høire side end paa venstre og mere fremtrædende hos ♂ end hos ♀ af Bajuvarene. Det første er tilfælde hos de fleste racer, og med hensyn til den stærkere crista hos mænd er dette tilfælde hos alle racer, hvor den sexuelle differens er undersøgt.

-
- I. Med hensyn til femurs pilasterform hos den *trønderske* befolkning fra den senere middelalder ifølge de undersøgte 85 femora, hvor den kunde angives, stiller resultatet sig følgende:

Index pilastricus hos 85 femora er i middeltal . . . 105,03
minimum 84,37, maximum 150.

Den samme index paa *høire side* var i middeltal (38 ben) 103,47
minimum 84,37, maximum 120,00.

Paa *venstre side* var index pilast. i middeltal (47 ben) 106,29
minimum 85,71, maximum 150,91.

Hos *mændene* var den samme index i middeltal . . . 105,83
minimum 84,37, maximum 150,91.

Hos *kvinderne* var den samme index i middeltal . . . 104,61
minimum 84,61, maximum 120,00.

Af disse beregninger fremgaar det, at *linea aspera* hos mænd er stærkere fremspringende end hos kvinderne, hvilket stemmer overens med, hvad der tidligere er fundet hos alle øvrige racer, hvor denne index er undersøgt. Derimod er efter ovenstaaende tabel *linea aspera* mere fremtrædende paa *venstre side* end paa *høire*, hvilket ansees for en undtagelse fra regelen; det er kun hos Peruanere og Saladoaner, at man har fundet en venstresidig overvægt af *linea aspera*.

Gjennemsnitlig er *linea aspera* mere fremtrædende hos denne trønderske befolkning (105,03) end hos »Reihengräber«-periodens Bajuvare (103,78) og kommer nærmest Alemanner og Schwaber (105,3). Ogsaa med hensyn til minimal- og maximaltallene af index pilast. overgaar de trønderske femora Bajuvarenes.

- II. Hos de 5 laarknokler fra *Sole* kirke, hvilke alle var af mænd, var *index pilastricus* paa høire side 107,61 (2), paa venstre side 117,41 (3). Som man ser, afviger den venstresidige særdeles meget fra de øvrige, hvilket har sin grund i, at alle 3 knokler havde en stærkt fremstaaende *linea aspera*, hvilket fremgaar af følgende sammenstilling:

Høire side: minimum 106,45, maximum 108,77

Venstre side: — 106,90, — 126,92

- III. Hos de 7 laarknokler fra *Rør* i *Ringsaker* viser sig *index pilastricus* hos mænd 105,23 (5), hos kvinder 94,15 (2).

Hos mænd: minimum 100,00, maximum 114,28 (5 stk.).

- kvinder: — 84,31, — 104,00 (2 -).

- IV. Hos laarknoklerne fra den *ældre jernalder* og *vikingetiden*, tils. 12 stkr. af 7 individer, fandtes følgende forhold:

Index pilastricus hos 12 femora i middeltal 101,86
minimum 85,15, maximum 119,35.

Den samme paa *høire* side (6 f.) i middeltal 105,62
minimum 85,15, maximum 119,35.

Den samme paa *venstre* side (6 f.) i middeltal 98,10
minimum 87,14, maximum 115,62.

Den samme hos *mændene* (8 femora, 5 mænd) i middeltal 107,10
minimum 87,14, maximum 119,35.

Den samme hos kvinderne (4 femora, 2 kv.) i middeltal . 91,37
minimum 85,15, maximum 96,36.

Skjønt antallet af saavel individer som af laarbensknokler er faaltalligt, bekræfter dog de givne resultater den almindelige regel, at *linea aspera* er mere fremspringende paa høire end paa venstre side, og at den ligeledes er af betydelig større overvægt hos mænd end hos kvinder.

- V. Fra den *neolithiske* periode (fra Hov i Hurum) foreligger 3 vel konserverede femora, der har tilhørt to mandlige individer, med en *index pilastricus* paa 98,92.

Det høire femur har en *index pilastricus* af 100,00.

De to venstre femora har en *index pilastricus* af 98,38 (resp. 96,76 og 100).

Disse tal bekræfter ogsaa den almindelige regel.

Sammenstiller man »maximalværdierne« af *index pilastricus* hos de forskellige grupper, finder man disse overhovedet ganske betydelige, (150 hos de thrønderske, 126 hos femora fra Sole, 114 hos femora fra Rør og 119 hos femora fra vikingetiden); de ringere kommer i klasse med Indianere og Weddas, medens den største værdi (150) overgaar endog fundet fra Cro-Magnon.

Lehmann-Nitsche paaviser i sit oven citerede arbejde en sammenhæng mellem »*index pilastricus*« og »*platymerien*«, idet en tiltagen af *linea aspera* fører det øverste parti af *diaphysen* over i den evrymere eller mere runde form. Dette stemmer forsaavidt overens med mine undersøgelser, som de »*stenomere*« eller med »*transversel platymeri*« forsynede knokler viser en udpræget *linea aspera*.

3. Om femurs platymeri.

Den under navn af *platymeri* (af *πλατύς* (flad) og *μηρός* (laarben)) betegnede variation af laarbenets diaphyse er først beskrevet af L. Manouvrier¹, idet han i 1888, for det anthropologiske selskab i Paris, paaviste denne eiendommelighed hos laarknoklerne fra den neolithiske periode.

Platymerien bestaar deri, at laarben-diaphysens øverste trediedel, hovedsagelig nedenfor trochanter minor og den inconstante troch. tertius, er bleven fladere og bredere end sædvanlig. Istedetfor at laarbenet her præsenterer sig i en prismatisk form, der er mere og mindre afrundet, viser den betræffende del væsentlig kun to flader, en forreste og en bagerste, der begrænses af en ydre og en indre rand. Applaneringen kan i extreme tilfælder forandre femurs form næsten endnu mere end platycnemien forandrer tibia. — Dannelsen af ydre rand frembringes ved den afrundede benrand, der skyder sig frem udenfor fossa hypotrochanterica, noget som Houzé allerede gjorde opmærksom paa i sin monographi om den »tredie trochanter«. Men den indre rand kan i visse tilfælde endnu mere forandres, idet den fortyndes og ligner endog en skarp eg. Diaphysen blir derved bredere i transversel retning, hvilket yderligere manifesterer sig ved, at trochanter minor paa udprægede platymere knokler ikke kan sees forfra. Diameteren forfra bagtil er til gengæld formindsket.

Manouvrier paaviser, at platymerien hos femur og platycnemien hos tibia følger hinanden; de er ikke eiendommelige for nogen bestemt race, mener han, men synes at være hyppigst hos forhistoriske folkeslag. Aarsagen til baade platymerier og platycnemier søger Manouvrier i en

¹ L. Manouvrier: La Platymérie. Extrait du Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques. Paris, Ernest Leroux, éditeur. 1891.

udpræget virkning (»suractivité«) af *m. quadriceps femoris*, spec. mm. *vasti*, resp. *m. tibialis post.* for tibias vedkommende. Men ogsaa *m. glutæus max.* mener Manouvrier er medvirkende til femurdiaphysens platymere applanering, der saaledes skulde være en »funktionel tilpasning«. At betragte muskelvirkningerne som en aarsag til knoklernes formforandringer billiges ogsaa af Dr. Lehmann-Nitsche; for platymeriens vedkommende synes mig denne opfatning at være plausibel i sit princip, om jeg end ikke finder Manouvriers deduction tilfredsstillende, ligesom det afgjørende bevis endnu ikke er leveret; men at muskelvirkningerne maa have en afgjørende betydning, særlig under opvæksten til udviklingen af denne variation, synes mig meget sandsynligt.

Denne fortynding af diaphysen forfra bagtil med udvidning i bredten kaldtes først uden videre »platymeri«; men efter nærmere undersøgelser af større materiale maatte Manouvrier adskille to former, idet diametrene ogsaa kunde forandres i andre retninger; saaledes maatte den først iagttagne platymeri betegnes »sagittal« i modsætning til en »transversel«, hvor diameteren forfra bagtil var tiltaget, medens diaphysen var bleven smalere fra side til anden.

For nu at have et sikkert udgangspunkt ved betegnelsen af forholdene, maaler man ved det sted, hvor sideudbugtningerne er størst eller, hvis disse mangler, 3—4 ctm. nedenfor basis af trochanter minor, den sagittale og transverselle diaphysediameter og beregner deraf en index, idet man sætter den transverselle diameter = 100.

Manouvrier opstiller følgende skala:

1° Index x til 80,00 er *sagittal platymeri*. (Rigtigere er det vistnok med Lehmann-Nitsche at sætte grænsen ved 79,99). Laarbendiaphysens overste trediedel er i disse tilfælde fladere forfra bagtil end fra side til anden, undertiden endog med udbugtninger til siden. Den transverselle diameter er derfor den største.

2° Med index 80,00 til 99,9 eksisterer der ingen platymeri. Benets omkreds er mere cylindrisk.

3° Med index fra 100,0 til x' indtræder den *transverselle platymeri*. Benet er i disse tilfælde applaneret paa siderne, idet den sagittale diameter er størst.

Lehmann-Nitsche foreslaar at forandre navnene i lighed med betegnelsen »platycnemi« og »evrycnemi« saaledes, at afdeling 1 kaldes *platymer*, afd. 2 for *evrymer* og afd. 3 betegnes *stenomer* (στενός flad, smal), da adskillelsen mellem betegnelserne »sagittal« og »transversel« platymeri let kan bringe forvexlinger.

Manouvrier har ogsaa undersøgt platymerien hos de *anthropoide aber*, vistnok særlig med hensyn til spørgsmaalet om, hvorvidt platymerien var at anse for en »theromorph« karakter; imidlertid fremgaar det af hans undersøgelser, at platymerien er meget mindre udtalt hos disse aber end hos mennesket, saaat denne variation ikke paa nogen maade kan indrangeres blandt de theromorphe tegn. Dette bliver jo endmere indlysende, hvis det holder stik, at platymeriens ligesom platycnemiens grad er resultatet af *m. quadriceps femoris* resp. *m. tibialis posterior's* mere og mindre stærke udvikling; thi selvfølgelig kommer disse to muskler til at spille en ganske anden betydelig rolle ved menneskets opreiste gang end hos de firhændede klattredyr.

Med hensyn til platymeriens optræden hos forskellige folkeslag opføres her efter Lehmann-Nitsches angivelser følgende tabel:

Mennesketypus	Antal femora	Index platymericus	Autor
Patagoniere, sp. Ildlandet.	10	66,9	Martin
Præhistoriske fra Japan.	7	72,7	Koganei
Aino.	?	72,7	
Japanere	?	75,1	
Indianere fra Venezuela	121	76,1	Manouvrier
Schwaber og Alemanner	87	79,74	Lehmann-Nitsche
Bajuværer.	30	80,20	
Negere fra Oceanien.	8	82,0	Manouvrier
Schweizere	?	84,6	Martin
Negere.	36	85,3	Manouvrier
Parisere fra nutiden	?	88	
Franskmænd fra nutiden	20	88,2	

Til denne tabel kan ogsaa føies de nylig af prof. Hultkrantz givne interessante oplysninger om 2 af Ildlandets indianerstammer¹; han fandt, at hos Ona-indianerne gik platymerien helt ned til en index af 55,9.

Som man af ovenstaaende ser, er platymerien mest udpræget hos beboerne af Ildlandet (Terra del fuego), hvor den ifølge Martin's og de sidste af prof. Hultkrantz gjorde undersøgelser maa ansees for at være typisk. Den gamle germanske »Reihengräber«-befolkning indtager de laveste grader af platymeri, eller har evrymere laarben, medens franskmændene viser en udpræget *eurymer*-type.

¹ J. Vilh. Hultkrantz: Zur Osteologie der Ona- und Yahgan-Indianer des Feuerlandes, Særtryk af: Svenska Expeditionen till Magellansländerna, Bd. I. No. 5.

Egne undersøgelser.

Det undersøgte materiale fra norske grave inddeler vi i følgende grupper: 1) Laarknokler fra (Nidaros) Trondhjem, 2) fra Sole kirke, 3) fra Rør i Ringsaker og 4) fra vikingetiden og den ældre jernalder. Enhver af disse grupper frembyder sine eiendommeligheder.

I. Laarbensknoklerne fra Trondhjem.

Antal knokler	<i>Platymeri-index</i> (sagittal platymeri)	Ikke platymeri <i>evrymeri</i>	<i>Stenomeri</i> o: transversel platymeri
Af 87 femora	48 o: 55,2 pct.	27 o: 42,5 pct.	2 o: 2,2 pct.
Minimal-index	66,10	80,00	100,00
Maximal-index	79,65	98,3	112,7
Middeltal af index	74,18	85,37	106,35

Af ovenstaaende tabel fremgaar, at over halvdelen af denne gruppes femora, nemlig 55 pct., viser en udpræget om end ikke høi grad af platymeri; de høiere grader af samme (o: index = 66,10 til 69) forekommer kun i 7 tilfælde (o: 15 pct. af de platymere knokler og 8 pct. af den hele gruppes). Størsteparten af den øvrige del er *evrymere*, og kun 2,2 pct. viser *stenomeri*, der er større end hos de gamle Bajuvarer (103,72).

Tager man gennemsnitsindexen af gruppens samtlige femora, bliver dens *index platymericus* 78,49 o: at de nærmer sig meget *evrymerien*. Dog er gennemsnitlig platymerien her mere udtalt end hos Bajuvarer, Schwaber og Alemanner.

II. Laarknoklerne fra Sole kirke.

5 femora	<i>Platymeri</i> : o pct.	<i>Evrymeri</i> (4 femora) 80 pct.	<i>Stenomeri</i> (1 femur) 20 pct.
Minimal-index	ingen	80,00	125,00
Maximal-index	ingen	88,88	
Middeltal af index		85,07	125,00

Af denne gruppes faatallige materiale er af interesse at merke sig det ene tilfælde af usædvanlig høi *stenomeri*; denne knokkel, der har en længde af 517 mm. i naturlig stilling, udmærker sig ogsaa ved sin udprægede pilasterform (index pil. = 126,92) og stærke torsion foruden ved sin størrelse.

III. Et noget andet billede frembyder den følgende gruppe bestaaende af 7 laarknokler fra *Rør* i Ringsaker.

7 knokler	<i>Platymeri</i> (2 femora) 28,6 pct.	<i>Eurymeri</i> (5 femora) 71,4 pct.	<i>Stenomeri</i> 0 pct.
Minimum-index	69,35	81,69	ingen
Maximum-index	73,33	96,77	
Middeltal af index	71,34	87,02	

Udregnes gennemsnittet af de 7 knoklers *index platymericus*, blir denne = 82,54, hvilket viser, at evrymerien har overvægten. Imidlertid kan man jo ingen almindelig slutning drage af et saa faatalligt materiale. Det kan imidlertid bemærkes, at de platymere laarknokler var kvindelige og de evrymere var mandlige.

Den stenomere type findes ikke repræsenteret.

IV. Fra *vikingetiden* og den *ældre jernalder* frembyder 13 laarbensknokler følgende billede med hensyn til platymerien.

13 femora	<i>Platymeri</i> 9 st. 0: 69,23 pct.	<i>Eurymeri</i> 2 st. 0: 15,38 pct.	<i>Stenomeri</i> 2 st. 0: 15,38 pct.
Minimal-index	65,11	82,35	125,00
Maximal-index	78,78	92,59	126,66
Gennemsnits-index	72,16	87,47	125,83

Ovenstaaende tabel viser, at ca. $\frac{2}{3}$ af de undersøgte knokler har *platymeri* og det af noksaa høi grad, 72,16, hvilket ogsaa findes hos præhistoriske knokler fra Japan og Ainofolket. To af knoklerne har endog

en platymeri af 65,11 og 66,6, hvilket overgaar middeltallet af de af Martin undersøgte Ildlands-indianeres platymeri. Den udprægede og høje grad af *stenomeri* finder vi hos laarknoklerne af den i Gokstadskibet fundne høvding. Disses fladtrykning er jo i grunden af samme natur som den platymere, men gaar bare i en anden retning, nemlig den transverselle. Ved bedømmelsen af en gruppe laarknoklers applanering i øvre del af diaphysen skulde man derfor ikke regne de stenomere knokler med ved beregningen af den hele gruppes »index platymericus«. Dette fremgaar tydeligt nok ved den her omhandlede gruppe. Gjennemsnitsværdien af index platym. for alle 13 knokler er her ca. 83, alt-saa evrymeri, hvilket jo for denne gruppes vedkommende i virkeligheden udgjør kun 15 pct. og aldeles ikke karakteriserer gruppen. Regnes derimod kun de platymere og evrymere knokler sammen, blir den gennemsnitlige »index platymericus« 74,95, hvilket utvilsomt er et sandere udtryk for de faktiske forhold. I det hele er denne gruppes laarknokler karakteriseret ved sin fladtrykning, det være sig sagittal eller transversel platymeri 3: egentlig platymeri og stenomeri, medens evrymerien eller den mere cylindriske form kun findes hos et faatal.

De *stenomere* knokler fra Gokstadskibet henpeger ved sin store index pilastricus 3: en overmaade stærk linea aspera, og ved sin næsten kolossalt udviklede crista glutæa paa det forhold, at applaneringen er et udtryk for muskulaturens stærke udvikling og indflydelse. Det synes af de her undersøgte knokler, at stenomerien er ledsaget af en mere og mindre udpræget linea aspera eller søileform af laarbenets diaphyse.

V. Hos de 3 laarknokler fra den *neolithiske tid* har de to, høire og venstre, tilhørende samme individ, i gennemsnit en *index platymericus* = 68,02 (høire f. = 71,05, venstre f. = 65,00), medens venstre femur af det andet individ viser evrymeri, med index plat. = 84,84.

Som allerede nævnt er den mere udprægede platymeri karakteristisk for laarknoklerne hos stenalderfolk, hvorfra det her omtalte isolerede fund ikke danner nogen undtagelse, naar der af to individer det ene har en index plat. = 68. De udmærker sig ogsaa i andre henseender ved sine udprægede tuberositeter for muskeludspring (se kap. om troch. III).

4. Om collo- og condylo-diaphysevinkelen.

Paa det meste af materialet kunde baade vinkelen mellem laarhalsen og laarets midtstykke, *angulus colli femoris* s. *collo-diaphyseos*, og vinkelen, som laarets diaphyse danner med vertikalen paa horizontallinien under condyli, *angulus condylo-diaphyseos*, maales med nogenlunde nøiagtighed. I nedenstaaende tabel gives en oversigt over begge disse vinkler.

Femora fra Trondhjem		høire	venstre	h. + v.	Bajuvarer	Ale- manner og Schwaber	Schweizere	Indianere fra Terra del Fuego
Angulus collo-diaphyseos	♂	(27) 126,°2	(34) 126,°9	(61) 126,4	(23) 124,8			
— —	♀	(10) 125,°2	(12) 127,°5	(22) 126,5	(7) 127,7			
— —	♂+♀	(37) 125,°9	(46) 127	(83) 126,6	(75) 126,7	(55) 126,°8	133°	(10) 123,°
Angulus condylo-diaphyseos	♂	(26) 9,°5	(33) 8,°9	(59) 9,°2				
— —	♀	(10) 10,°	(12) 10,°	(22) 10,°				
— —	♂+♀	(36) 9,°7	(45) 9,°2	(81) 9,4	(10) 10,25	(38) 9,7	11°	(10) 8°

Collo-diaphysevinkelen:

Hos mænd var minimumsvinkelen paa høire side 110°, maximum 137°

- —	— — —	venstre	- 114°, — 137°
- kvinder	— — —	høire	- 119°, — 132°
- —	— — —	venstre	- 120°, — 135°

Condylodiaphysevinkelen:

Hos mænd	var »minimum«-vinkelen	paa høire side	6° »maximum«	14°
- —	—»—	venstre	6°	12°
- kvinder	—»—	høire	7°	13°
- —	—»—	venstre	5°	13°

Af ovenstaaende tabel kan sammenlignes værdierne af Trondhjemsgruppens knokler med, hvad Lehmann-Nitsche fandt hos Reihengräberbefolkningen, og man forbauses over den store lighed. — For de øvrige gruppers vedkommende slaar jeg knoklerne fra *Sole* og *Rør* sammen i en gruppe.

II—III. Knokler fra Sole og Rør.

IV. Knokler fra vikingetiden og ældre jernalder.

Anguli femoris		høire	venstre	h. + v.	høire	venstre	h. + v.
Collo-diaphysevinkel	♂	(6) 126,° ₃	(3) 130,° ₃	(9) 126,° ₅	(4) 127,° ₇	(4) 119,° ₂	(8) 126,° ₅
—»—	♀	(1) 120°	(1) 124°	(2) 122°	(2) 121°	(2) 120°	(4) 120,° ₅
—»—	♂+♀	(7) 125,° ₄	(4) 128,° ₇	(11) 126,° ₆	(6) 125,° ₅	(6) 119,° ₅	(12) 122,° ₅
Condylodiaphysevinkel	♂	(6) 10,° ₃	(4) 8,° ₅	(10) 9,° ₆	(3) 9,° ₆	(3) 10°	(7) 9,° ₈
—»—	♀	(1) 10°	(1) 9°	(2) 9,° ₅	(2) 9,° ₅	(2) 10°	(4) 9,° ₇₅
—»—	♂+♀	(7) 10,° ₂	(5) 8,° ₅	(12) 9,° ₅	(5) 9,6°	(5) 10°	(10) 9,° ₈

Sammenlignes de forskellige gruppers knokler med hverandre, finder vi følgende:

Anguli femoris	T.hjems laarknok- lerne	Laarknok- ler fra Sole og Rør	Laarknok- ler fra vikinget. etc.	Bajuvare	Aleman- ner og Schwaber	Schweizere
Collo-diaphysevinkel	♂	126,° ₄	126,° ₅	126,° ₅	124,° ₈	
—»—	♀	126,° ₅	122°	120,° ₅	127,° ₇	
—»—	♂+♀	126,° ₆	126,° ₆	122,° ₅	126,° ₇	133°
Condylodiaphysevinkel	♂	9,° ₂	9,° ₆	9,° ₈		
—»—	♀	10°	9,° ₅	9,° ₇₅		
—»—	♂+♀	9,° ₄	9,° ₅	9,° ₈	10,° ₂₅	11°

Man ser i denne sammenstilling den mærkværdige overensstemmelse i middeltallene for de *mandlige* laarknoklers vedkommende i alle grupper af de norske laarknokler. Hos de *kvindelige* laarknokler er der nogen difference i gruppen fra Rør og fra vikingetiden; men her var de kvindelige laarknoklers antal saa ringe, at deres middeltal kun maa tillægges ringe vægt. Tager man saaledes væsentlig hensyn til laarknoklerne fra Trondhjem, sees, at der ikke ligger noget sexualmærke i collo-diaphysevinkelens større og mindre gradantal.

Regnes nu alle de maalte laarknokler sammen, 106 i antal, sees *collo-diaphysevinkelen* at være i middeltal ca. 126° .

Dette middeltal falder meget nær det af Charpy fundne, 127° , og naar undtages de mindre grupper af knokler (fra Rør og vikingetiden, tils. 6 knokler), er middeltallet af vinkelens størrelse hos de mandlige og kvindelige knokler næsten lige ens. Disse tal bestyrker saaledes heller ikke prof. Humphrey's antagelse (cf. kapitlet om legemsstørrelsen).

Ogsaa middeltallet af *condylo-diaphysevinkelen* er temmelig overensstemmende mellem de forskjellige grupper og afviger heller ikke synderlig fra værdierne hos Reihengräber-befolkningen. Derimod kan i det enkelte tilfælde værdierne variere ganske betydeligt; saaledes var minimum hos en knokkel fra gruppe II—III 5° , medens maximum var 13° .

Ved at gennemgaa de enkelte maalingar har jeg ikke fundet noget proportionalt forhold mellem collo-diaphyse- og condylo-diaphysevinkelen, skjønt dette a priori skulde synes plausibelt. I underextremitetens leddede axe er der utvilsomt regulerende faktorer i bløddelene, muskler og baand, som udjævner de større afvigelser og inkongruenser, som maatte opstaa ved selve knoklernes, specielt deres ledenders form.

5. Om trochanter tertius, fossa hypotrochanterica og om insertionen af m. glutæus maximus forøvrigt.

Som bekjendt finder man i mange tilfælde, at *tuberositas glutæa*, der ligger paa bagfladen af laarbenets øverste trediedel, i fortsættelsen af linea aspera's labium externum, i partiet lidt nedenfor en gennem troch. minor gaaende horizontallinie, er meget stærkt fremspringende; den øverste mest fremspringende del af den er i saadanne tilfælde af mange anatomer bleven kaldt *trochanter tertius*, idet man (Gruber) har homologiseret den med »den tredie trochanter« hos forskellige pattedyr, navnlig af ordenen: *perissodactyla* (hest, rhinoceros, tapir); dette ben-fremspring findes ogsaa hos forskellige »insektædere« (f. ex. alm. pindsvin), »gnavere« (hare, ekhorn, bæver) og hos nogle *edentata* (*Dasypus*, *Orycteropus*); størst er imidlertid »den tredie trochanter« som nævnt hos *perissodactyla*.

Det er først i den senere tid, at man har været opmærksom paa denne variation paa femur. Cruveilhier (*Traité d'anatomie descriptive* 1871, t. I, pag. 229) og Luther-Holden (*Human Osteology*, 5^e edition 1878) omtaler den ganske kort, medens Gruber allerede i 1856 (*Mém. des savants étrangers de l'Acad. impér. de St. Pétersbourg*, T. VIII) har redegjort for dens forhold og nærmere præciseret, hvad man skal forstaa ved »troch. tertius«. Vigtige bidrag og en udtømmende fremstilling af den forudgaaende litteratur over dette emne finder man i Geheimerath W. Waldeyers fortrinlige afhandling derom (*Der trochanter tertius des Menschen etc.* — i *Archiv für Anthropologie* — 12te Bind, 1880, pag. 463 etc.). Waldeyer fandt den hos 22 skeletter af europæere 7 gange, altsaa mere end 30 pct., samt at den paa gracile exemplarer ofte kunde

være meget kraftig udviklet. Den ligger altid tæt nedenfor trochanter major og indtager det øverste parti af den langstrakte, ujævne, rue insertionslinie for m. glutæus maximus.

C. M. Fürst (Ueber das Vorkommen von Trochanter tertius beim Menschen: Archiv f. Anthropologie, 13te B., 1881, pag. 321 etc.) fandt troch. III i 32,5 pct. ved undersøgelsen af 83 skeletter; desuden undersøgte han en hel række enkelte laarben og fandt hos samtlige 238 undersøgte laarben troch. III i 69 tilfælde, altsaa 29,3 procent.

Maaske den mest udtømmende fremstilling af den »tredie trochanter«s forhold finder vi i Houzé's monographie (Le troisième trochanter de l'homme et des animaux etc., Bruxelles 1883); han inddrog foruden mennesket en stor del af hvirveldyrene helt fra reptilierne af og opover, i sin undersøgelse. H. paaviser først, at troch. III forekommer hos alle pattedyrordener (o: hvor baglemmerne er ordentlig udviklede). Med hensyn til Primates fandt han, at de anthropoide aber kun undtagelsesvis havde et saadant benfremspring. Men ogsaa hos de forskellige menneskeracer viser langtfra optræden af en troch. III sig ligeartet; saaledes er den sjelden hos negerne, men hyppig hos europæerne. Han mener derfor, at den »3die trochanter«s udvikling staar i nær forbindelse med udviklingen af glutæalregionen, saa at jo mere denne er fremtrædende, desto mere udpræget troch. III (»plus la région fessière est développée, plus le troisième trochanter est saillant«). Han betegner de med stor sæderegion (europæere) forsynede menneskeracer for *megapyge*, medens de med liden sæderegion kaldes *mikropyge* (negere). De anthropoide aber har en særdeles flad glutæalregion, hvilket kaldes *platypyge*. — Nu har kvinden en stærkere udviklet glutæalregion end manden, men omend den førstes mægtigere fedtlag paa dette sted spiller en rolle, saa synes det dog, mener Houzé, som om den hyppigere optræden af troch. III hos kvinden staar i forhold til dennes kraftigere glutæalmuskulatur. Desuden har det feminine femur en større vægt end det masculine i forhold til extremiterne, som paavist af Manouvrier. Houzé undersøgte laarbensknokler af Brüssels befolkning og fandt, at trochanter tertius forekom hos 10 mandlige laarben kun 1 — en — gang, medens den hos 10 kvindelige laarben var udviklet i 3 tilfælde.

Men Houzé beskriver ogsaa en anden form for insertionen af den »store sædemuskel«, nemlig som en langstrakt fordybning, som han kaldte *fossa hypotrochanterica* (fosse hypotrochanterienne). »*Fossa hypotrochanterica* er en fordybning langs efter diaphysens axe og ligger i »det øverste, bagerste og ydre parti af diaphysen; denne grubes rande »dannes paa indsidene af den todelte linea aspera's ydre linie, o: labium

»laterale s. externum, ogsaa kaldet *labium ecto-proximale*, medens for-
dybningens udside begrænses af diaphysens ydre rand, der ofte er
»forvandlet til en fremspringende liste; fordybningens bund er dels glat,
»dels smaaknudret.«

Hvis denne fossa hypotrochanterica forekommer, er benets foramen
nutritium rykket høiere op og ligger nær ved fordybningens nederste
del. Fossa hypotroch. kan findes alene, men ogsaa i forbindelse med
troch. III; hvis den findes, forøges diaphysens transverselle diameter paa
bekostning af dens antero-posterieure.

Houzé fandt, at i Belgien forekom *troch. III* kun undtagelsesvis paa
laarbensknokler fra »rensdyrperioden«, medens dens hyppighed i den
»neolithiske« tidsalder var 38 pct. (som følge af et nyt ethnisk elements
optræden); hos nutidens Brüsseler-befolkning var dens hyppighed 30,15
procent. Han ansaa dens optræden som et tegn paa en kraftig glutæal-
muskulatur.

Fossa hypotrochanterica er en noksaa konstant karakter derimod
hos de i Belgien fundne laarbenisknokler fra »rensdyrperioden«; dette
kjendemerke har hulebeboerne fra Furfooz fælles med de præhistoriske
mennesker fra Grenelle (Paris), med hvilke de ogsaa stemmer overens med
hensyn til skalletype, skelethoide og gjennemboret olecranon (?). Fossa
hypotrochanterica er meget udviklet, men mindre hyppig paa laarben
fra den neolithiske periode og synes nu for tiden at være bleven sjeldnere¹.

Efter Houzés vidtløftige fremstilling fik trochanter tertius en viss
aktuel betydning, idet den blev draget ind i spørgsmaalet om skelettets
»sexuelle« karakterer, hvorom den bekjendte anthropolog prof. Schaaff-
hausen holdt et foredrag ved det tyske anthropologiske selskabs for-
samling i Breslau 1884; der førtes da en diskussion mellem prof. dr.
Albrecht og prof. dr. Aurel v. Török (Budapest). Prof. Albrecht
opstillede den sætning, baseret paa egne og Houzé's undersøgelser, at
troch. tertius fortrinsvis forekom hos kvinden, mod hvilket prof. v. Török
udtalte sig.

Kort efter fremlægger den sidstnævnte, hoit anseede anthropolog
resultaterne af sin undersøgelse (Ueber den Trochanter tertius u. die
Fossa hypotrochanterica (Houzé) in ihrer sexuellen Bedeutung; *Anato-
mischer Anzeiger* 1886, pag. 169—178) af 54 skeletter, hvoraf 38 mand-
lige og 16 kvindelige; skeletterne hører til den nuværende tidsperiode,
idet dog de ældste skriver sig fra den saakaldte »Broncealder« (v. Török
mener at have paavist, at Ungarns bronzeperiode strækker sig langt ind i

¹ Houzé's afhandling er her citeret efter von Török og andre forfattere, da hans
arbejde, der ikke findes i vore bibliotheker, ei heller længere er at faa i boghandelen.

den historiske tid, nemlig til midten af det 11te aarh.). Hos disse skeletter fandt v. Török, at *hverken var trochanter tertius hyppigst hos kvinderne, eller syntes fossa hypotrochanterica at forekomme saa sjelden i nutiden*. Imidlertid fandt han troch. tertius's udvikling og optræden meget forskjellig, snart ulige udviklet paa et og samme skelet, snart kun paa den ene side, snart som den eneste form for den store sædemuskels insertion, snart kombineret med andre insertionsformer. Desuden paa-vistes, at *trochanter tertius ikke har selvstændigt ossifikationspunkt* i modsætning til »trochanter major« og »minor«. Med hensyn til frekvensen af trochanter III viser de af v. Török undersøgte 108 laarbensknokler 39 tilfælde, altsaa 36,11 pct., med 36,81 pct. hos mandlige og 34,32 pct. hos kvindelige individer. Fossa hypotrochanterica forekom i 30,24 pct.

Hvad angaar forholdet mellem en kraftig glutæalmuskulatur og udviklingen af troch. III eller crista bemærker v. Török, at der ved kraftigt muskelsystem i den samme muskel snart fandtes en glat insertionsflade, snart en knudret, kamformet, hvorfor v. Török ikke kan slutte sig til Houzé's opfatning af troch. III som tegn paa kraftig glutæalmuskulatur.

Af betydning er prof. v. Török's opstilling af de forskellige former, hvorunder insertionsruheden for m. glutæus max. optræder, nemlig snart som mere enkle, snart som mere combinede insertionsformer, hvilket ogsaa af anthropologerne senere er accepteret og derfor bør lægges til grund for fremtidige undersøgelser, hvorom nedenfor. v. Török opstiller: a) *enkle insertionsformer*: 1° crista glutæa, 2° trochanter tertius og 3° fossa hypotrochanterica; b) *combinede insertionsformer*: 4° Troch. tertius + fossa hypotroch., 5° Troch. III + crista og 6° fossa hypotroch. + crista.

Angaaende spørgsmaalet om *aarsagen* eller forklaringen af trochanter tertius, fossa hypotrochanterica og lignende indtager v. Török samme standpunkt som R. Virchow, der paa ovennævnte Breslauercongress udtalte, at, saavidt han kunde overse sagen, maatte der med hensyn til troch. tertius existere stærke lokale forskjelligheder; saaledes fandt han hos Guanchoerlaarben fra et hulefund paa de kanariske øer ingen troch. tertius, medens dette benfremspring viste sig paa gamle laarben fra Troas overordentlig hyppig. For at forklare disse forhold maa der yderligere undersøgelser til over de enkelte folks sædvaner og maader af indrette sig paa, mener Virchow (citeret efter v. Török l. c.).

Dwight (The journal of anatomy and physiology etc. vol. XXIV, part. 1, pag. 61 etc.) behandler betydningen af troch. III og af lignende benfremspring hos mennesket. Han gaar ikke med paa at kalde enhver større fremstaaenhed af øverste parti af »tuberositas glutæa« for »tro-

chanter tertius«, idet han reserverer dette navn for en »glat, rund eller aflang knort«, leilighedsvis fundet paa dette sted eller tæt derved, idet denne optræder, ligesom Waldeyer og andre har gjort opmærksom paa, forholdsvis hyppig paa spædbyggede knokler. — Med hensyn til at forklare opstaaen af troch. III som fremkommet ved et overordentlig stærkt drag eller virkning af glutæus maximus, blir dette endnu at bevise, mener Dwight; en saadan virkning maa skyldes en speciel beskæftigelse, og hvis det kan bevises, at dette benfremspring eller en større forskjel i graden af ruhed hos tuberositas glutæa optræder hyppigt hos begge køn i den forhistoriske tid, hos vilde og hos lidet civiliserede racer, hos hvilke livsforholdene har været nogenlunde af samme slags, og særlig hvis troch. III optræder hos *unge* personer, ikke gamle nok til at være underkastet en længere muskelvirkning, bliver teorien meget usandsynlig, ja næsten uholdbar. Dwight mener nu paa basis af andres og egne iagttagelser at maatte udtale, at man ikke kan tilskrive fremkomsten af troch. III i alle tilfælde virkningen af glutæus maximus. Han anser den »3die trochanter« som en rudimentær og »useless« benprocess, hvis fremkomst ikke altid kan forklares.

Dollo (citeret efter Poirier) anser den for en atavistisk karakter fra prosimia, og Bertaux fremhæver, at den ikke staar i forhold til de muskulære eller ligamentøse insertioner.

Costa fandt hyppigheden af troch. tertius til 30,39 pct. efter undersøgelse af 102 fem. af europæere (citeret efter dr. Lehmann-Nitsche, *se* nedenfor). Koganei (Kurze Mittheilung über Untersuchungen von Ainoskeletten, i Archiv for Anthropologie, XXII Band, S. 371—392) kunde paa 68 par vel vedligeholdte laarbensknokler paaavise tilstedeværelsen af en trochanter tertius i 18 tilfælde, altsaa 26,5 pct., hver gang dobbeltsidig, kun en gang alene venstresidig. Efter kønnet optraadte den paa 42 par mandlige laarben 9 gange og paa 26 par kvindelige ligeledes 9 gange. Dette viser en større hyppighed hos kvinden.

Paa grund af den opmærksomhed, som anthropologerne har ofret »den tredie trochanter«, finder man den ogsaa i den sidste tid i regelen nævnt, i det mindste i de fleste moderne anatomier, baade i de større og mindre. Testut (Traité d'anatomie humaine, 1889, vol. I) omtaler den specielt i sin fortrinlige haandbog med delvis litteraturangivelser.

Ligeledes omtales den nøie i det bekjendte Poirier's samleværk (Traité d'anatomie humaine etc. — 1895 — T. I), idet han nærmest slutter sig til Dollo og Bertaux's opfatning af trochanter tertius. Selv i ganske kortfattede anatomier kan man nu finde dette saa hyppigt optrædende benfremspring omtalt.

I dr. Lehmann-Nitsche's fortrinlige undersøgelse over de lange knokler fra den sydbayerske »Reihengräberbevölkerung« (i Beiträge zur Anthropologie und Urgeschichte Bayerns — 1895 — 11ter Band, pag. 205—296) bliver ogsaa troch. tertius, fossa hypotroch. etc. ofret speciel undersøgelse. Hyppigheden af troch. tertius med combinationsformer hos de gamle *Bajuvarer* viser sig at være ringere end hos mange af nutidens befolkning, nemlig 23,7 pct. (efter 76 femora). Med hensyn til insertionen af m. glutæus maximus opstiller dr. Lehmann-Nitsche i overensstemmelse med prof. v. Török 7 former nemlig: 1° *Fossa hypotrochanterica*, 2° *Crista*, 3° *Trochanter tertius*, 4° *Fossa + crista*, 5° *Fossa + trochanter*, 6° *Crista + trochanter* og 7° *Fossa + crista + trochanter*.

Hos *Bajuvarerne* fandt Lehmann-Nitsche troch. III alene kun i 2,6 pct., men troch. III i forbindelse med fossa hypotrochanterica 7,0 pct. og troch. III + crista glutæa i 4 pct., medens troch. III + fossa hypotroch. + crista i 9,2 pct.

Af patologiske forandringer fandt L.-N. paa 2 skeletter arthritis deformans, nemlig paa øverste epiphyseende.

Egne undersøgelser.

Sammenstiller vi resultaterne af undersøgelserne over det her behandlede materiale, fremgaar følgende, idet hver gruppe af knokkelfundene behandles for sig.

I. Trondhjemsknoklerne.

Hosstaaende tabel viser, at *crista glutæa + fossa hypotroch.* optræder *ulige hyppigst*, nemlig i 47 pct., dernæst kommer *crista glutæa* alene med noget over 25 pct. Derimod forekommer ikke fossa hypotroch. eller troch. III isoleret. Kombinationen af crista med troch. III og fossa hypotroch. er derimod den hyppigste form af troch. III, nemlig 16 pct. Regner man *overhovedet trochanter III's optræden* uanseet combinationsformerne, viser dens hyppighed sig at være **27,5 pct.**, altsaa hyppigere end hos *Bajuvarerne* (med 23,7 pct.), men sjældnere end hos nutidens europæiske befolkning (30 pct. Waldeyer, 32,5 pct. Fürst). Ligeledes viser det sig, at troch. III med combinationsformer forekommer oftere paa *venstre* side end paa *høire*, medens det ikke synes at være synderlig forskjel paa mandlige (26 pct.) og kvindelige femora (28 pct.), med kun ubetydeligt overvægt hos de sidste.

I. Fra Trondhjemsknoklerne foreligger følgende:

87 femora	Mænd, 62 femora			Kvinder, 25 femora			Mænd + kvinder = 87 femora		
	27 hoire	35 venstre	tilsammen 62	11 hoire	14 venstre	tilsammen 25	hoire 38	venstre 49	tilsammen 87
	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.
Crista glutea	10 g = 37	5 g = 14,2	15 g = 24,2	3 g = 27,2	4 g = 28,5	7 g = 28	13 g = 34	9 g = 18	22 g = 25'
Fossa hypotrochanterica. . .	0 = 0	0 = 0	0 = 0	0	0	0	0	0	0
Trochanter tertius	0 = 0	0 = 0	0 = 0	0	0	0	0	0	0
Crista + Fossa hypotroch. . .	13 g = 48	17 g = 48,6	30 g = 48,3	3 g = 27,2	8 g = 57	11 g = 44	16 g = 42	25 g = 51	41 g = 47
Crista + Troch. III	2 g = 7,4	4 g = 10	6 g = 9	1 g = 9	1 g = 7	2 g = 8	3 g = 8	5 g = 10	8 g = 9,2
Troch. III + Fossa hypotroch.	0 = 0	1 g = 3	1 g = 1,6	1 g = 9	0 = 0	1 g = 4	1 g = 2,5	1 g = 2	2 g = 2,3
Troch. III + Crista + Fossa hypotroch.	2 g = 7	8 g = 22,8	10 g = 16	3 g = 27,2	1 g = 0	4 g = 16	5 g = 13	9 g = 18	14 g = 16

II. Fra *Sole* foreligger 5 laarbensknokler med følgende forholde:

Laarknokler	Mænd, 5 stk.			Kvinder, 0 stk.			Mænd + kvinder, 5 stk.		
	h. 2 stk.	v. 3 stk.	h. + v.	høire	venstre	h. + v.	h. 2 stk.	v. 3 stk.	h. + v.
Crista glutæa	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.	pct.
Fossa hypotrochanterica	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trochanter tertius	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Crista + fossa hypotrochanterica	I = 50	I = 20	I = 20	—	—	—	I = 50	—	I = 20
Crista + troch. III	I = 50	I = 20	I = 20	—	—	—	I = 50	—	I = 20
Troch. III + fossa hypotrochanterica	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Troch. III + crista + fossa hypotrochanterica	—	I = 33	I = 20	—	—	—	—	I = 33	I = 20

II. Troch. III optræder her i 40 pct. og kun i kombinationsformer, men materialets sparsomhed i denne gruppe udelukker almindelige slutninger.

Kun maa man være berettiget til at slutte, at crista + fossa hypotrochanterica er den prædominerende insertionsform for *m. glutæus maximus*. Dette er ogsaa i fuld overensstemmelse med Lehmann-Nitsches fund hos de gamle Bajuvarer, Alemanner og Schwaber.

IV. Tabel over 12 laarbensknokler fra vikingetiden og den ældre jernalder.

12 femora	Mænd, 8 femora				Kvinder, 4 femora				Mænd + kvinder, 12 femora			
	høire 4	venstre 4	h. + v.		høire 2	venstre 2	h. + v.		høire 6	venstre 6	h. + v.	
Crista glutæa	pct. 2 g = 50	pct. 1 g = 25	pct. 3 g = 37,5		pct. —	pct. 1 g = 50	pct. 1 g = 25		pct. 2 g = 33,3	pct. 2 g = 33,3	pct. 4 g = 33,3	
Fossa hypotrochanterica	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
Trochanter tertius	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
Crista + fossa hypotrochanterica	2 g = 50	2 g = 50	4 g = 50		2 g = 100	1 g = 50	3 g = 75		4 g = 66,6	3 g = 50	7 g = 58,3	
Crista + troch. III	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
Troch. III + fossa hypotrochanterica	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
Troch. III + crista + fossa hypotrochanterica	—	1 g = 25	1 g = 12,5		—	—	—		—	—	1 g = 8,3	

IV. Tabellen viser, at ogsaa blandt denne gruppe er forekomsten af en *crista glutæa med fossa hypotrochanterica* hyppigst, nemlig i 58 pct., dernæst kommer *crista glutæa* isoleret i tredieparten af tilfældene. Kun i 8 pct. fandtes troch. III sammen med sine kombinationsformer og det til og med kun svagt udviklet; de øvrige former som fossa hypotr. eller troch. III isoleret eller troch. III + fossa hypotr. og troch. III + crista forekom ikke. Særlig dyb viste fossa hypotroch. med udpræget margo sig hos de platymere femora. I modsætning dertil var den isolerede crista glutæa enormt udviklet hos de stenomere femora fra Gokstadskibet. Denne coincidence leder temmelig bestemt til den betragtning at anse disse varieteter for »funktionelle tilpasninger«, ligesom det leder til den slutning, at vedkommende individer, hvem disse laarknokler engang tilhørte, maa have været i besiddelse af en meget kraftig underextremitetsmuskulatur.

V. De 3 laarbensknokler fra *stenalderen* (Hov i Hurum) er alle i besiddelse af en tydelig troch. III, kraftig crista glutæa kombineret med en mere og mindre dyb fossa hypotrochanterica og fremstaaende margo lateralis. De to til samme individ hørende femora er stærkt platymere (høire 71,05, venstre 65,00), medens det tredie laarben er evrymert (84,84). Disse knokler med sine stærkt markerede tuberositeter og cristæ tyder ogsaa paa en kraftig laarmuskulatur, som man vel kunde vente at finde hos den mandlige befolkning i hine fjerntliggende tider, hvor kampen for tilværelsen satte store fordringer til den fysiske kraft.

III. Bidrag til kundskaben om kropshøiden hos Nordmændene i middelalderen og oldtiden.

Spørgsmaalet om at bestemme længden af det menneskelige legeme efter maalinger af de lange rørformede extremitetknokler (*humerus, ulna, radius, femur, tibia* og *fibula*) har en ikke ringe anthropologisk interesse, særlig naar det gjælder at skaffe rede paa tidligere racers eller uddøde folkeslags legemshøide. Men foruden den mere ethniske interesse, der knytter sig til en saadan undersøgelse, hvorved ogsaa andre legemsdeles relationer belyses, kan det i et givet tilfælde være af betydning at kunne faa bestemt legemshøiden, hvor det gjælder spørgsmaalet om identitet f. ex. i criminelle eller ulykkestilfælde, naar der af offeret kun foreligger de afskaarne lemmer. Det kan derfor ikke vække forundring, at man allerede længe har været beskæftiget med at udfinde forholdstal, der angav legemshøidens relation til det betræffende lange rørben. Saaledes har Beddoe og Humphrey i England, Langer, Toldt og Rüdinger i Østerrige og Tyskland og Orfila, Topinard og Rollet i Frankrige opstillet sine tabeller, hvorefter man skulde kunne opkonstruere legemsstørrelsen efter extremitetknoklernes længde. I den nyeste tid har imidlertid L. Manouvrier gjenoptaget disse undersøgelser og foretaget en omarbejdelse af de meget nøiagtige undersøgelser, som Etienne Rollet¹ havde udført paa kadavere af 50 mænd og 50 kvinder, der hidhørte fra Lyons hospitaler. Først udskilte Manouvrier af Rollets talangivelser alle individer over 59 aar, hvorefter der blev igjen 24 mænd og 25 kvinder.

¹ Dr. Etienne Rollet: La mensuration des os longs des membres: Internationale Monatschrift f. Anatomie u. Physiologie, B. VI, 1889, p. 345—352 og 353—364.

Efter maaleene af disse 49 individer opstillede M. nye tabeller for beregningen af legemsstørrelsen og søgte her at undgaa de feil, som tidligere forskere har gjort sig skyldig i. Navnlig ligger feilen hos tidligere undersøgere efter M.'s mening deri, at de har gaaet ud fra *legemshøiden* og opstillet tabellerne ordnet efter legemsstørrelsen, idet tallene for de enkelte knoklers længde er blevene indordnet herefter. I modsætning hertil gaar Manouvrier ud fra *knokkellængden*, ordner tabellerne efter denne og indrangerer legemsstørrelsen derefter. Idet jeg maa henvise til Manouvrier's meget nøiagtige og udførlige originalafhandling om dette emne¹, skal kun tilføies, at Manouvrier gjør opmærksom paa, hvorledes man kan finde, naar man har ordnet rækken af talangivelser efter legemsstørrelsen, at nogle individer med gennemsnitlig liden høide dog har forholdsvis lange ben, og omvendt. Han opstiller derfor *makroskele* individer, der har forholdsvis lange underextremiteter, og *mikroskele*, der har forholdsvis korte ben. Disse tilfælder involverer da feil, der ikke kan undgaaes ved gennemsnitsberegningerne.

De *sexuelle variationer* kan derimod i væsentlig grad undgaaes, da der af Manouvrier's undersøgelser opstilles en tabel for mandlige og en tabel for kvindelige individer. Ligeledes har Manouvrier taget hensyn til *variationerne af legemsproportionerne* under de forskjellige kropslængder. Store extremitetknokler vil i regelen tilhøre store individer, men da middelstore individer kan have ulige lange extremiteter og man maa have for øie et visst forhold af mikroskeli, bliver coefficienten for store individer forholdsvis mindre end for de middelstore og smaa individer. Ved beregningen af legemsstørrelsen efter længden af de lange extremitetknokler spiller ogsaa *ethniske* variationer ind, variationer, som det bliver fremtidens opgave nærmere at belyse og fastsætte. Saaledes kan der jo være en mulighed for, at der hos store eller middelstore individer af en race kan findes som karakteristisk træk en »mikroskeli«: at extremiteterne, skjønt absolut store, kan være relativt mindre sammenlignet med andre racers; dette skal saaledes være tilfælde med Polynesiens befolkning. Paa den anden side kan der jo ogsaa tænkes »makroskeli«, skjønt lemmerne kan være absolut korte. Denne indvending kan da ogsaa rettes mod de her gjorte beregninger, hvor Lyonerbefolkningens proportioner lægges til grund for beregning af gennemsnitshøiden hos et nordisk folk.

Endelig maa man ved beregningen af legemsstørrelsen efter extremitetknoklernes længde have for øie, at man i det givne tilfælde ikke med

¹ L. Manouvrier: La détermination de la taille d'après les grandes os des membres. Extrait des Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris, 2e série, t. IV, 1892.

nøiagtighed træffer det enkelte individs længde, ligesaa lidt som man ved livsforsikringsselskabernes dødstabeller kan bestemme det enkelte livs varighed. Med hensyn til legemsstørrelsen er nemlig de individuelle variationer altid større end de ethniske. Desuden beregner man efter extremitetknoklernes længde altid individets *kadaverlængde*, der ifølge Manouvrier's beregning er 2 ctm. større end den levendes længde. Uden at gaa nærmere ind paa de specielle undersøgelser herover skal jeg dog henlede opmærksomheden paa, at det enkelte individs længde er forskjellig i liggende og i staaende stilling og i den nævnte situation lidt forskjellig, enten man er opstrammet i militær stilling, hvorved høiden forøges noget, end i almindelig slap staastilling. Ogsaa om morgen og aften er legemslængden forskjellig¹.

I sit interessante arbeide over pygméer i Europa har prof. dr. J. Kollmann² benyttet de af forskjellige forfattere beregnede coefficienter til udregning af kropshøiden efter maaling af extremitetbenene, men fremhæver prof. Manouvrier's tabeller som ulige bedre end de tidligere angivne.

Da disse tabeller er de for tiden ulige bedste og paalideligste, har jeg ladet dem aftrykke i nærværende afhandlings slutning.

For nu at bestemme legemshøiden efter de lange extremitetknokler skal man ifølge Manouvrier's methode, hvilken saavel Rahon³ som Lehmann-Nitsche (l. c. p. 257—258) har fulgt, gaa frem paa følgende maade.

Først bestemmes knoklernes *længde* ved hjælp af P. Broca's maalebræt, nemlig:

Femur's største længde i naturlig stilling (cfr. derom metoderne).

Tibia: Største længde med udelukkelse af eminentia intercondyloidea, men med beregning af malleolus.

Humerus, Radius, Ulna og *Fibula*: Største længde.

¹ L. Manouvrier: Sur l'allongement de la taille par extension volontaire etc. Association française pour l'avancement des sciences etc. Congrès de Saint-Etienne. 1897.

² Jul. Kollmann: Der Mensch. Separat-Abzug aus Denkschriften der Schweizer. Naturf. Gesellsch. Band XXXV. Commissions-Verlag von Georg & Co, in Basel, Genève und Lyon. 1895.

³ J. Rahon: Recherches sur les ossements humains préhistoriques en vue de la reconstruction de la taille, Revue mensuelle de l'école d'anthropologie de Paris, publiée par les professeurs. 1892, page 234—237.

Dernæst maales knoklernes *tykkelse*, idet man ved hjælp af et uelastisk baandmaal udfinder knokkelens *mindste omfang*. Dette ligger i regelen ved følgende steder, nemlig hos:

Femur: I høide med »linea aspera«s øvre deling eller ogsaa ved midten.

Tibia: Omtrent 10 ctm. ovenfor det nederste punkt af malleolus.

Humerus: Nedenfor »tuberositas deltoidea« og ovenfor crista externa, hvor m. brachio-radialis insererer sig.

Radius: Lige nedenfor »tuberositas bicipitalis«.

Ulna: Ovenfor den distale epiphyse.

Fibula: Nedenfor den proximale epiphyse.

Desuden maa man paa *femur* udmaale ledhodets *vertikale* og paa *humerus* ledhodets *transversale* diameter ved hjælp af skyvepasser.

Dernæst gjælder det at faa ordnet knoklerne efter *kjønnet*. Diagnosen af kjønn, naar det gjælder det enkelte ben eller knokkel, er ofte meget vanskelig, men det maa gøres, og man maa derfor gaa frem med megen omhu. Topinard fremhæver især insertionsstedernes ruhed som eiendommeligt for masculine knokler. Manouvrier udtaler, at foruden knoklernes ruhed og kantethed, de muskulære insertionssteders dybde eller skarpe fremspring maa *længden* og fremforalt *tykkelsen* tages hensyn til, for femurs vedkommende ogsaa ledhodets diametre og paa fibula og ulna dybden af furerne. — For femur angives i de fleste anatomier, særlig i de ældre (Henle, Cruveilhier, Quain), at vinkelen mellem dens collum og diaphyse nærmer sig mere en ret (90°) hos kvinden end hos manden, hos hvilken sidste vinkelen skulde være mere aaben og større. Dette forhold tillægges af nutidens anthropologer og anatomer ingen eller ringe vægt. Poirier citerer til støtte herfor, at »collodiaphysevinkelen« har været nøie undersøgt allerede i 1844 af Rodet, uden at han kunde paavise nogen sexual forskjel, og at Charpy gjentog disse maalingen paa 100 femora fra alle aldre og af begge køn. Charpy kom til det resultat, at vinkelens midlere størrelse er 127° med svingninger mellem 115° og 140° . Hos børn synes vinkelen at være noget større, nemlig 2° mere, medens oldingen har den samme vinkel som den voxne. *Vinkelen er den samme hos begge køn*. I den senere tid har professor Humphrey (Journal of anat. & physiol. 1889, p. 271—282 og 387—389) undersøgt den samme vinkel paa laarben fra forskellige aldre og køn og kommer til følgende konklusioner:

1° Collodiaphysevinkelen varierer betydelig hos de forskellige personer i en given periode af livet.

2° At den er mindre i korte ben end i lange ben, og at den oftere er mindre ved vide bækkener; kombinationen af disse to ting gjør den sædvanlig mindre hos kvinder end hos mænd.

3° At vinkelen aftager i væxtperioden, men at den, efter at væxten er afsluttet, sædvanlig ikke undergaar nogen forandring selv i de meget høie aldere. Med enkelte undtagelser vedbliver vinkelen uforandret fra den udvoxede alder til livets afslutning, hvor høi alderen end bliver.

4° Hvis derimod under væxtperioden underlemmet ved pathologiske tilstande, saasom ved paralyser eller amputationer, ikke udsættes for legemets vægt, vedbliver vinkelen i sin mere aabne form, der endog kan øges.

Denne delvise medgiven af en noget mindre vinkel hos kvinden end hos manden efter Humphrey modsiges af Lehmann-Nitsche's undersøgelser af femora hos Bajuvare, Alemanner og Schwaber. Fra de her undersøgte knokler blir heller ikke denne antagelse styrket uden, naar man tager smaa grupper af knokler. Hvordan nu end man ser forholdet an, kan denne vinkels større eller mindre aabenhed ikke tjene som differentierende sexualmærke. Hverken af Manouvrier eller af Lehmann-Nitsche opstilles derfor collo-diaphysevinkelen som nogen seksualkarakter.

Man gaar da først som ovenfor omtalt til at sortere knoklerne, f. ex. femora, i to grupper, en mandlig (σ) og en kvindelig (φ); i den første henlægges de længste og kraftigste, i den sidste de korteste og spædeste. De midt imellem staaende deler man efter størrelsen af den mindste omkreds af diaphysen, og hvis der findes tvil i denne henseende, deles de efter størrelsen af caput-diameteren i den σ og φ gruppe. I den masculine gruppe lægges de tykkeste; thi man kan ikke afgjøre kjønnet efter længden alene.

Efterat man nu for hver afdeling (f. ex. et knokkelfund fra et bestemt sted) har bestemt middellængden af hver gruppe (σ og φ), lægger man til middelværdien 2 mm. i længde som erstatning for den manglende ledbrusk, hvorefter man opsøger i tabellerne den tilsvarende legemshøide og faar da af de forskjellige til hver knokkelgruppe svarende legemshøider en gennemsnitshøide paa den maade, at hver knokkelgruppe er medvirkende i forhold til antallet af de til samme hørende knokler. Fra de udkomne gennemsnitstal maa til slutning fratrækkes 2 ctm. for at erholde den *levendes* gennemsnitsstørrelse.

Med hensyn til *antallet* af individer, som er repræsenteret i en samling knokler, vil man neppe kunne erholde sikkert kjendskab til det virkelige antal, men man kan altid angive minimumsantallet. Thi er der i en samling laarbensknokler f. ex. 30 høire og 25 venstre, saa kan man være

sikker paa, at der mindst har været 30 individer; i virkeligheden har der været flere, da der af de eventuelle 30 høire laarben er flere, som ikke har sit tilsvarende blandt de 25 venstre.

I. Anvender vi nu den ovenanførte methode paa de 85 laarbensknokler fra *Trondhjem*, paa hvilke længden i naturlig position kunde maales, faar vi følgende:

Efter sorteringen var der 61 mandlige og 33 kvindelige knokler. Skilles nu ud høire fra venstre, faar man:

28 høire og 33 venstre af mandlige, og

11 — - 12 — - kvindelige laarbensknokler,

altsaa tilsammen mindst 45 individer, hvoraf 33 mænd og 12 kvinder.

Mænd:

Største længde af femur i naturlig stilling:

middeltallet for høire side 455,6	} gennemsnitslængden: 457,5
— - venstre - 459,3	

minimum: høire side 409 mm., venstre 412 mm.

maximum: — » — 528¹/₂ » , — 515 »

Mindste omfang: middeltal 85,24, *længde-tykkelse-index* 19,26

minimum 82 mm., maximum 103 mm.

Vertikale caputdiameter: middeltal 47,45 mm.

minimum 40 mm., maximum 53 mm.

Kvinder:

Største længde af laarknoklerne i naturlig stilling:

middeltallet for høire side 414,1	} gennemsnitslængden: 416,5
— - venstre - 419,0	

minimum: paa høire side 373 mm., venstre side 387 mm.

maximum: — » — 451 » , — » — 473 »

Mindste omfang i middeltal 78,20, *længde-tykkelse-index* 18,39

mindste omfangs minimum 69 mm., maximum 84 mm.

Vertikale caput-diameter: middeltal 37,72

minimum 36,5 mm., maximum 46 mm.

Den midlere længde af femur hos de *mandlige* individer var saaledes 457,5 mm., hvortil maa lægges 2 mm. for at erstatte ledbrusken, altsaa bliver middellængden 459,5 mm. Slaar man nu efter i de af Manouvrier opstillede tabeller, finder man den tilsvarende høide til **1,686** meter for manden.

Den midlere længde af det *kvindelige femur* er 416,5 mm.; lægges nu hertil ogsaa 2 mm., blir længden 418,5 mm., hvortil der i de Manouvrier'ske tabeller svarer en legemshøide af **1,568** meter.

For at erholde gennemsnitslængden af den levende trækkes 2 ctm. ifra, hvoraf fremgaar, at *mændene har haft en gennemsnits høide af 1,666* meter og *kvinderne en gennemsnits høide af 1,548* meter.

Disse tal synes ganske smaa i sammenligning med nutidsbefolkningen. Gjennemsnitshøiden af rekruterne her i Norge i toogtyve aars alderen er nemlig 1,698 meter, altsaa 3 ctm. større, og varierer i de forskjellige distrikter af landet mellem 1,66 og 1,73. Ifølge brigadelæge C. Arbo's kart over fordelingen af middelhøiden af 106,446 rekruter (1878—1887) er rekruterne i Throndhjems stift gennemgaaende meget høie, nemlig 1,68—1,72, og for Trondhjems by er middelhøiden 168—170, medens den i de nærmeste vestlige landdistrikter er 170—173 ctm.¹ Efter disse fund skulde saaledes befolkningen i Trondhjem i den senere middelalder ialfald have været adskillig mindre end nutidsbefolkningen.

Imidlertid har et par af de mandlige laarbensknokler med en længde i nat. stilling af 515 og 528 mm. tilhørt mere end almindelig høie individer, der ifølge de Manouvrier'ske tabeller har haft en længde af 1,83 meter resp. 1,87 meter, eller beregnet til den levendes staahøide 1,81 m. resp. 1,85 meter.

Den beregnede gennemsnits høide af Trondhjems befolkning i den senere middelalder angiver efter det ovenfor udtalte naturligvis kun omtrentlig eller tilnærmelsesvis det virkelige forhold; men om der end i sagens natur klæber feil, der for øieblikket er uundgaelige, ved resultatet, kan disse feil ikke være af nogen saadan størrelse, at det ikke af de foreliggende resultater med stor tydelighed fremgaar, at hin tids befolkning ikke har været særdeles stor, og at den har været mindre end nutidens mandlige befolkning sammesteds. Undersøgelser over nutidens kvindelige befolkning foreligger ikke.

Førend vi gaar videre i vor sammenligning, skal vi kaste et blik paa de andre knokkelgrupper, som er bleven undersøgt.

¹ C. O. Arbo: Er der foregaaet nye indvandringer i Norden? Forsøg på en anthropologisk besvarelse, i *Ymer*, årg. 1900, H. I.

II. De 5 mandlige laarknokler fra *Sole*, der har en gennemsnitslængde af 500 mm. + 2 mm., hvortil svarer en »levende« højde af 1,76 meter, var udvalgte som eksemplarer paa store og kraftige knokler og kan derfor neppe indrangeres i den øvrige samling.

III. Af knoklerne fra *Rør kirke* har de 5 mandlige en middellængde af 483,5 mm. + 2 mm., hvortil svarer en højde hos den levende af 1,71 meter, hvilket jo er en meget respektabel legemsstørrelse; men da disse knokler som de bedst konserverede af en hel masse andre utvilsomt repræsenterer de kraftigere og større individer, kan de ikke tjene som et udtryk for »gennemsnitsstørrelsen« af den befolkning, der i den senere middelalder begravedes ved Rør kirke, medens de paa den anden side maa ansees som ganske typiske eksempler paa benbygningen hos de kraftige individer fra den tid.

IV. De mandlige laarknokler fra *vikingetiden* og den *ældre jernalder* har en middellængde af 481,5 mm. + 2 mm., der svarer til en kadaverlængde af 1,73 meter og en »levende« legemslængde af 1,71 meter.

De kvindelige laarknokler fra samme gravfund har en middellængde af 429 mm. + 2 mm., hvortil svarer en kadaverlængde af 1,58 meter og en »levende« legemshøjde af 1,56 meter.

Skjønt materialet fra hin fjerntliggende tid er faatalligt, er det paa den anden side meget jævnt uden store differenser i længde. Gennemsnitsstørrelsen er stor og knoklernes form forøvrigt tyder paa en særdeles kraftig muskulatur. Særlig har nu høvdingen fra Gokstadskibet udmærket sig i retning af vel udviklet muskulatur, trods mærkerne paa en mulig arthritis. Høiden af denne mand (middellængden af begge femora = 505 mm. + 2 mm.) maa efter de Manouvrier'ske tabeller sættes = 1,78 meter : »levende« højde 1,76, hvilket jo vidner om en »stor« mand, om end høiden efter nutidens begreber ikke er saa særdeles.

Man maa vistnok ikke lade ude af betragtning, hvilket ovenfor allerede er antydnet, at de Manouvrierske tabeller er baseret paa materiale hentet fra den moderne Lyonerbefolkning (Etienne Rollet's maalinge), medens der over den germanske race, Tyskere, Angelsaxere og Skandinaviere, ikke foreligger nogen gennemført serieundersøgelse, hvorfor de her angivne højdeberegninger indtil videre maa ansees for mere foreløbige. Imidlertid fremgaar det med tilstrækkelig evidens, at de tidligere tiders befolkning her i landet gennemgaaende ikke har været større — ikke havt en større legemshøjde — end nutidsbefolkningen efter de foreliggende gravfund at dømme; men disse fund har selvfølgelig paa grund af sin faa-

tallighed kun en begrændset rækkevidde endnu med hensyn til de mere almindelige konklusioner.

V. Af interesse kan være at tilføie, at gennemsnitslængden af laarknoklerne af de to *stenalders* mennesker var 446 mm., hvortil svarer en »levende« højde af **1,64** meter, der omtrent er lig den af Topinard opstillede middelhøjde (1,647 meter) for jordklodens befolkning. Disse stenaldermænd har saaledes ikke været meget høie, om de end maa have været ganske kraftige (se kap. platymerien). Ifølge prof. Kollmann var høiden af den mere storvøxte befolkning fra »Schweizerbild« — neolithisk periode — 1,660 m., fra Madeleine og Langerie 1,660 og 1,650 m., fra Baumes-Chaudes 1,600 m., medens fra det bekjendte fund i Cro-Magnon var 1,750 meter i høiden, alt beregnet efter Manouvriers tabeller.

Som yderligere bevis paa uholdbarheden af den noksaa almindelige antagelse, at menneskene i tidligere tider skulde have været meget større end i nutiden, citerer jeg resultatet af J. Rahon's undersøgelser af præhistoriske knokler (l. c.):

I den *neolithiske periode* i Frankrige og Belgien var *mændenes* middelhøjde 1,625 meter (429 knokler) og *kvindernes* 1,506 meter (189 knokler).

I den *første historiske tid* var ♂ middelhøiden 1,662 meter (215 knokler)
og ♀ — 1,539 » (39 »)

I *middelalderen* var Pariser-befolkningens højde hos *mænd* 1,657 meter og hos *kvinder* 1,555 meter.

Nutidens Pariser-befolkning saavel som Fransk mændene overhovedet har nu en gennemsnitshøjde af 1,648 meter.

Sammenlignes vore her beregnede legemshøider med, hvad Lehmann-Nitsche fandt hos »Reihengräber«-befolkningen (beregningerne efter de Manouvrier'ske tabeller), er den sidstnævnte befolknings gennemsnitshøjde større, nemlig 1,686 m. hos mænd og 1,573 m. hos kvinder af *Bajuvarer*, og resp. 1,682 m. og 1,533 m. hos Schwaber og Alemanner, end hvad der hidtil foreligger om den tidligere befolkning i Throndhjems middelalder (1,666 ♂, 1,548 ♀), medens de faa spredte fund af vor befolkning fra vikingetiden etc. (1,71 m.) har været lige i størrelse med vor mere velvøxne rekruter. Medens nu »Reihengräber«-befolkningen paa det nærmeste med hensyn til høiden er lige med nutidens bayerske befolkning i de tilsvarende egne, er nutidens Trondhjemsbefolkning større end den senere middelalders paa samme sted. Men at der i hine tider ogsaa fandtes storvøxte og kraftige individer blandt Throndhjemsbefolkningen, der maa have overgaaet adskillig gennemsnitsstørrelsen, vidner de enkelte knokkel-

fund tilstrækkelig. Blandt den mandlige befolknings knokler har nemlig mindst 8 havt en højde fra 1,70 til 1,85 meter.

Har vi nu ogsaa andre vidnesbyrd om, at den tidligere befolkning ikke har været større end nutidsbefolkningen?

Det er selvfølgelig altfor tidligt og vil være misvisende, om man af de her beskrevne knokkelfund vil slutte sig til gennemsnitsstørrelsen af landets befolkning i hine fjerne tider; en fortsat indsamling af talrigt og godt konserveret materiale kan alene udvide vort kjendskab sikkert angaaende dette punkt. Men tager vi nu ogsaa hensyn til de mange oldsagfund saasom vaaben, hjelme, sværdhefter og skjoldbuler o. s. v., finder vi, at disse netop vidner ved sine dimensioner om, at de ikke var afpasset for saa særdeles store mennesker; enkelte sværdhefter og skjoldbuler er vistnok store, men andre er knapt store nok for vore middelstore hænder.

Hr. cand. G. Mørck har godhedsfuldt givet mig fra Universitetets oldsamling en fortegnelse over afstandene mellem hjalterne paa 83 sværd fra vikingetiden (slutn. af d. 8de aarh. til ca. 1050 e. Kr.) fundne i forskellige dele af landet; af disse 83 maalinger hidsættes følgende middeltal:

Fra *Smaalene* 6 sværd med gj.snitsafst. mellem hjalterne af 8,88 ctm.

- <i>Akershus amt</i>	11	»	»	—»—	9,21	»
- <i>Hedemarken</i>	12	»	»	—»—	9,02	»
- <i>Kristians</i>	10	»	»	—»—	9,29	»
- <i>Buskerud</i>	12	»	»	—»—	8,86	»
- <i>Farlsberg</i>						
& <i>Larvik</i>	15	»	»	—»—	8,88	»
- <i>Bratsberg</i>	17	»	»	—»—	9,57	»
- <i>Nedenes</i>	9	»	»	—»—	9,65	»

Maximum af afstanden mellem hjalterne var 11,8 ctm.

Minimum —»— 6,7 »

Gaaende ud fra, at sværdhefterne var afpasset til hændernes størrelse, kan til sammenligning anføres, at bredden af højre haand paa middelstore mænd (1,72 meter) nutildags er ca. 9,5 ctm. og haandbredden hos en velvoxen 9 aars gammel smaapige ca. 6,6 ctm.

Selvfølgelig kommer dimensionerne af sværdhefter, skjoldbuler, hjelme o. s. v. i anden linie som beviser angaaende en større eller mindre kropshøjde; thi man har ikke nogen bestemt relation f. ex. mellem haandens bredde eller størrelse og legemets staaehøjde eller tykkelse; lemmernes distale eller yderste afsnit (haand og fod) er utvilsomt underkastet noksaa store variationer, indenfor visse grændser selvfølgelig, uden at være bundet

til en bestemt legemsproportion; men naar man har en række af maalinge og disse peger i en bestemt retning ligesom maalingerne af lemmernes proximale knokler, der staar i et ganske intimt forhold til legemets længdeproportion, saa er man utvilsomt berettiget til at tillægge dem en viss vægt.

Mindre paalidelige bliver længdemaalet af de to senge fra Gokstadskibet, da disses langsidebord er defekte (den længste seng er i sammenføjet tilstand 2 meter 32 ctm. lang og 1 meter 16 ctm. bred, den anden 1 meter 59 ctm. lang og 1 meter 11 ctm. bred).

Et fjernere liggende moment, som i dette spørgsmaal veier mindre, men som ogsaa kan tages i betragtning, er kraniernes størrelse, deres kapacitet og horizontalomfang. Dr. med. Justus Barth¹ fandt gennemsnitskapaciteten af en række gammelnorske skaller, der findes paa universitetets anatomicum, at være 1453 ctm.³ og horizontalomfanget 515 mm., hvilke størrelser ikke vidner om saa særdeles storvæxte mennesker, om der end fandtes enkelte kephaloner blandt disse kranier.

Ved bedømmelsen af legemshøiden baseret paa knokkelfund maa man tage et væsentligt hensyn til antallet af de fundne knokler; et stort antal giver selvfølgelig et sandere udtryk for gennemsnitsstørrelsen end et lidet. For de smaa grupper vedkommende, f. ex. fra Sole, Rør og vikingetiden, har der gjort sig paa en viss maade en »natural selection« gjældende, forsaavidt som kun de stærkeste og kraftigste knokler har kunnet modstaa jordbundens ødelæggende indvirkninger. Betragtes imidlertid de her fremdragne momenter i sin helhed, peger alle i grunden konvergerende, nemlig at hin fjerne tids befolkning ikke har noget fortrin fremfor nutidens med hensyn til legemshøiden. Resultatet af disse undersøgelser gaar saaledes i samme Retning som Rahon's, Lehmann-Nitsche's og andre nyere forskeres.

Hvorvidt de her opstillede gennemsnitshøider skulde kunne lede til en antagelse af to slags racer i den tidligere befolkning, vil jeg ikke udtale mig bestemt om. Materialet er efter min opfatning altfor lidet til, at man deraf skal kunne tillade sig en saadan theoretisk deduktion.

¹ Norrønaskaller etc., 1886, pag. 55.

Den foreliggende undersøgelse, som vistnok kun er indskrænket til femur, men som forhaabentlig senere vil kunne fuldstændiggjøres ved undersøgelser af de øvrige extremitetknokler, kan maaske ogsaa bidrage til, at man ved gravfund med oldsager eller ved opgravning af gamle kirkegaarde vil være opmærksom paa at drage saavidt mulig omsorg for, at det hele skeletfund bevares saa godt som mulig, og at disse kan komme til videnskabelig undersøgelse, hvis forholdene forøvrigt er gunstige derfor. En systematisk undersøgelse nemlig af saadanne »heldige« gravfund ved siden af oldforskningen og undersøgelsen af nutidsbefolkningen er betingelsen for løsningen af de mange interessante anthropologiske spørgsmaal vedrørende det norske folk.

Manouvrier's tabeller.

over *forholdet* mellem de lange extremitetknokler indbyrdes og den tilsvarende legemshøide. De anvendes til beregning af det *menneskelige legemes længde*, idet de lange extremitetknokler maales efter sin største længde (femur i naturlig stilling) paa Broca's maalebræt.

For at bestemme den *levendes længde* eller *staaehøide* efter disse tabeller maa man tilføie til hvert bens længdemaal 2 mm. og fra den i tabellen opførte tilsvarende høide trække 2 ctm.

I. Mænd.

Længdemaal af						
Fibula	Tibia	Femur	<i>Legemshøiden</i>	Humerus	Radius	Ulna
mm.	mm.	mm.	meter	mm.	mm.	mm.
318	319	392	1,530	295	213	227
323	324	398	1,552	298	216	231
328	330	404	1,571	302	219	235
333	335	410	1,590	306	222	239
338	340	416	1,605	309	225	243
344	346	422	1,625	313	229	246
349	351	428	1,634	316	232	249
353	357	434	1,644	320	236	253
358	362	440	1,654	324	239	257
363	368	446	1,666	328	243	260
368	373	453	1,677	332	246	263
373	378	460	1,686	336	249	266
378	383	467	1,697	340	252	270
383	389	475	1,716	344	255	273
388	394	482	1,730	348	258	276
393	400	490	1,754	352	261	280
398	405	497	1,767	356	264	283
403	410	504	1,785	360	267	287
408	415	512	1,812	364	270	290
413	420	519	1,830	368	273	293

Middeltalscoefficient til at multiplicere med knokkellængder, som er *mindre* end de i tabellen angivne mindste ziffere.

4,82	4,80	3,92	x	5,25	7,11	6,66
------	------	------	---	------	------	------

Middeltalscoefficient til at multiplicere med knokkellængder, som er *større* end de største i tabellen opførte ziffere:

4,37	4,32	3,53	x	4,93	6,70	6,26
------	------	------	---	------	------	------

Manouvrier's tabeller

over forholdet mellem de lange extremitetknoklers længde og den tilsvarende legemsøide.

II. Kvinder.

Længdemaal af						
Fibula	Tibia	Femur	Legemsøiden	Humerus	Radius	Ulna
mm.	mm.	mm.	meter	mm.	mm.	mm.
283	284	363	1,400	263	193	203
288	289	368	1,420	266	195	206
293	294	373	1,440	270	197	209
298	299	378	1,455	273	199	212
303	304	383	1,470	276	201	215
307	309	388	1,488	279	203	217
311	314	393	1,497	282	205	219
316	319	398	1,513	285	207	222
320	324	403	1,528	289	209	225
325	329	408	1,543	292	211	228
330	334	415	1,556	297	214	231
336	340	422	1,568	302	218	235
341	346	429	1,582	307	222	239
346	352	436	1,595	313	226	243
351	358	443	1,612	318	230	247
356	364	450	1,630	324	234	251
361	370	457	1,650	329	238	254
366	376	464	1,670	334	242	258
371	382	471	1,692	339	246	261
376	388	478	1,715	344	250	264

Middeltalscoefficienter for knokkellængder *mindre* end de i tabellen opførte ziffere.

4,88	4,85	3,87	x	5,41	7,44	7,00
------	------	------	---	------	------	------

Middeltalscoefficienter for knokkellængder *større* end de i tabellen opførte ziffere:

4,52	4,42	3,58	x	4,98	7,00	6,48
------	------	------	---	------	------	------

Über
die chemische Zusammensetzung
des
Norwegischen Holzteers

Von
Dr. J. Alfred Mjøen

Kristiania Vid. Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1901. No. 3.

LIBRARY
OF THE
NORWEGIAN
SCIENTIFIC
INSTITUTE



Kristiania
In Commission bei Jacob Dybwad
A. W. Breggers Buchdruckerei

1901

Fremlagt i Vidensk. Selsk. math. naturvid. Kl. d. 15. Marts 1901 af prof. Th. Hiortdahl.

Einleitung.

Der Holzteer, der sowohl bei der Darstellung von Holzessig, als auch bei der Bereitung von Holzkohle in Meilern als Nebenproduct erhalten wird, (Haupterzeugnis ist er nur in seltenen Fällen) zeigt in seiner chemischen Zusammensetzung und in seinen physikalischen Eigenschaften je nach seiner Abstammung eine so reiche Mannigfaltigkeit, wie sie bei Stein- und Braunkohlenteer schwerlich zu finden ist. Diese Verschiedenheit der Holzteersorten geht schon aus der wechselvollen Beschaffenheit der zahlreichen, zur Verkohlungs-Verwendung findenden Holzarten hervor. Die Harze und Balsame enthaltenden Nadelhölzer liefern beispielsweise einen Teer, welcher auf das wertvolle Kienöl verarbeitet wird (hauptsächlich in Russland); aus den an sauren Bestandteilen reichen Laubhölzern gelangt in den Teer vorwiegend Kreosot; speziell Birkenarten ergeben das zur Appretierung von Juchtenleder in ausgedehntem Maasse angewandte Birkenteeröl u. s. f.

Wenn wir erwägen, welche Veränderungen im allgemeinen Temperatur, Luftzutritt oder Luftabschluss u. ähnliches bei chemischen Reactionen hervorzurufen im stande sind, so ist leicht einzusehen, dass die Bereitungsweise einen wesentlichen Einfluss auf die Art und Menge der Teerbestandteile ausübt. Es sind in dieser Beziehung 2 Hauptgruppen von Holzteer zu unterscheiden:

1. Fabrikteer, der bei der Verkohlung in Retorten ohne Luftzutritt (zur Holzessigfabrikation) als Nebenproduct erhalten wird,

2. Meilerteer, bei der Herstellung von Holzkohle in Meilern erhalten, wobei von unten nach oben eine stetige, langsame Luftströmung stattfindet und die leichtflüchtigeren Körper zum grössten Teile verloren gehen, *ohne auf die Rückstände oder bei einer zweiten Destillation weiter wirken zu können*. Auch der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes spielt dabei eine nicht unwesentliche Rolle. Das zur Verkohlung in Retorten be-

stimmte Holz bleibt gewöhnlich so lange an der Luft liegen, bis ein ungefährer Gleichgewichtszustand zwischen der Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft und dem Wassergehalt des Holzes eingetreten ist.

Die Wertbestimmung eines Holzteers ist bei dieser Fülle von wechselnden Bestandteilen nach einer allgemein anwendbaren Untersuchungsmethode nicht durchzuführen und die jeweiligen Vorversuche müssen den Weg zeigen, auf welchem man die einzelnen Gruppen zu trennen vermag.

Bei der Wahl von Ausgangsmaterial für die nachstehende Arbeit habe ich darauf Rücksicht genommen, dass die oben genannten zwei Hauptgruppen vertreten sind und zwei norwegische Teersorten, eine fabrikmässig gewonnene und eine von Bauern erzeugte untersucht.

Der hier in Betracht kommende fabrikmässig dargestellte Teer wird aus Sägespänen — (Tannenspäne, gemischt mit einer unbedeutenderen Menge von Föhrenspänen) bereitet. Diese, die längere Zeit in Wasser gelegen haben und somit ziemlich ausgewaschen sind, werden in rotierenden Trommeln getrocknet, bis sie 33—53 % Wasser verloren haben, oder bis der Wassergehalt 1—3 % beträgt und werden darauf zu festen Briquettes gepresst. Bei der trocknen Destillation dieser Briquettes erhält man ausser Kohle, Rohessig, Holzgeist, Aceton etc. ca. 5 % Teer. Dieser Teer wurde in Arbeit genommen. (Teer A vergl. Pag. 5).

Der zweite von mir untersuchte Teer ist ein Meilerteer, von Bauern in Gudbrandsdalen zubereitet. (Teer B vergl. Pag. 27). Andere Teersorten — deutsche, österreichische, finnische — die ich in Händen gehabt, habe ich, um ein klareres Bild zu bekommen, hier und da zu vergleichenden Versuchen herangezogen.

A. Holzteer aus Sägespänen.

Von einer norwegischen Fabrik, wo Holzteer aus Sägespänen und Abfällen durch trockene Destillation in Retorten zubereitet wird, wurden mir 80 kg. bereitwilligst zur Verfügung gestellt.

Der Teer hat eine braunschwarze bis schwarze Farbe, saure Reaktion, durchdringenden Geruch, ist mehr empyreumatisch und weniger »fett« als die meisten Teersorten. Er hat ein spezifisches Gewicht von 1.07 und sinkt daher in Wasser unter.

Stickstoff und Schwefel konnten nach den bekannten Methoden von Lassaigne und Schönner nicht nachgewiesen werden.

I. Fraktionierte Destillation.

400 gr. wurden in einer Glasretorte der fraktionierten Destillation unterworfen. Schon bei 65° ¹ fingen die ersten Tropfen an als gelbe Flüssigkeit überzugehen, während das Thermometer langsam und ziemlich regelmässig stieg. Gleichzeitig machte sich ein fortwährendes, starkes Knistern bemerkbar, verursacht durch Anwesenheit von Wasser. Die zuerst übergehende Flüssigkeit, deren Dämpfe die Augen stark angriffen, trennte sich in zwei Schichten, eine obere, gelbe, stark lichtbrechende, Flüssigkeit von durchdringendem Geruch und eine untere, wässrige, saure, Flüssigkeit. Bei ca. 110° hörte das Knistern auf und kam erst bei 182° wieder zum Vorschein, was darauf schliessen liess, dass bei dieser Temperatur Wasser abgespalten² wurde. Durch weiteres Erhitzen ging das Thermometer wieder ziemlich gleichmässig in die Höhe, um 190° etwas langsamer und später gleichmässig bis 283° . Hier spaltete sich aufs neue mehr Wasser ab. Je weiter die Destillation vorrückte, um so schwerer und ölig wurde das Destillat; so schwammen z. B. die später übergehenden Wassertropfen auf der öligen Schicht, während beim ersten Destillat sich das Wasser unten sammelte. Die Vorlagen wurden gewechselt, sobald man annehmen durfte, dass ein Stillstand des Thermo-

¹ Wo nicht anders angegeben, beziehen sich die Siedepunktsangaben immer auf Queksilberkugel in Dampf.

² Dass diese Erscheinung keine Abtrennung von mechanisch beigemengtem Wasser, wie die erst beschriebene, war, sondern eine Abspaltung von chemisch gebundenem Wasser, wurde durch spätere Versuche (im geschlossenen Rohre) bewiesen.

Tab. I.

Siedepunkte der Fraktionen	Gewicht der Fraktionen	3 Tropfen auf einem Uhrglase angezündet brannten	Eine kleine Probe des Destillats mit Kalkwasser im Reagensglase behandelt	Eine kleine Probe des Destillats mit Eisenchloridlösung im Reagensglase behandelt
65°—75°	33 gr.	Mit russender Flamme		
75—90	29 »	—		
90—95	20 »	—		
95—100	19 »	—		
100—115	32 »	—		
115—130	48 »	—		
130—145	47 »	Erst durch längere Be- rührung mit Flamme		
145—160	36 »	Nicht bei gewöhn- licher Temperatur		
160—170	40 »	nicht	keine Veränderung	wurde die schwach- gelbliche Farbe etwas dunkler
170—180	33 »	—	—	etwas dunkler
180—190	55 »	—	—	noch dunkler
190—200	111 »	—	—	noch dunkler
200—210	232 »	—	—	färbte sich ebenfalls beim Stehen mehr
210—220	206 »	—	—	momentan schwarzbraun
220—230	269 »	—	—	—
230—240	157 »	—	—	—
240—250	113 »	—	—	—
250—260	52 »	—	—	dunkel rotbraun
260—270	21 »	—	—	—
270—280	17 »	—	—	—
280—290	13 »	—	—	—
290—300	17 »	—	—	—
300—310	7 »	—	schwach gelblich	—
310—360	20 »	—	—	einen grünlichen Schimmer
360—400	19 »	—	—	—
über 400	23 »	—	—	—
Rückstand	900 »			
Wasser abgetr. und abgespalten	149 »			
Verlust	182 »			
	2900 gr.			

¹ Dieses Wasser oder vielmehr diese wässrige Lösung trennte sich hauptsächlich von den ersten Fraktionen ab.

meters stattfand, jedoch war zwischen 65° und 450° ein absoluter Stillstand nicht bemerkbar, ausser bei den oben erwähnten Wasserabspaltungen, bei denen sogar eine Temperaturerniedrigung stattfand. Gegen Schluss der Destillation, wo das Destillat noch langsam übergang, blähte sich das schwarze, pechartige Residuum sehr stark auf und verhinderte, dass die Destillation fortgesetzt werden konnte. Die Destillation wurde mit etwas grösseren Mengen von 2900 gr. wiederholt und in kleineren Fraktionen aufgefangen. (Tab. I pag. 6).

Einige von den in der obigen Tabelle verzeichneten Fraktionen wurden in einem Ladenburgschen Kolben wieder fraktioniert:

Fraktion 200—210 (232 gr. vergl. pag. 6) ergab:

Tab. II.		
bis	180° —	3 gr.
180°—	185 —	4 »
185 —	190 —	6 »
190 —	195 —	11 »
195 —	200 —	26 »
200 —	205 —	34 »
205 —	210 —	40 »
210 —	215 —	22 »
215 —	220 —	22 »
220 —	225 —	13 »
225 —	230 —	11 »
230 —	235 —	8 »
240 —	250 —	4 »
Residuum		16 »
Verlust		12 »
		<hr/> 232 gr.

Fraktion 210° — 220° (206 gr. vergl. pag. 6) ergab:

Tab. III.		
bis	185° —	3 gr.
185°—	200 —	9 »
200 —	205 —	17 »
205 —	210 —	22 »
210 —	215 —	46 »
215 —	220 —	40 »
220 —	225 —	21 »
225 —	230 —	11 »
230 —	235 —	7 »
235 —	240 —	5 »
Residuum		13 »
Verlust		12 »
		<hr/> 206 gr.

Fraktion 220—230° (269 gr. vergl. pag. 6) ergab:

Tab. IV.		
bis	200° —	3 gr.
200°—	205 —	6 »
205 —	210 —	25 »
210 —	215 —	53 »
215 —	220 —	47 »
220 —	225 —	42 »
225 —	230 —	27 »
		<hr/> 203 gr.
Überführt 203 gr.		
230 —	235 —	18 »
235 —	240 —	12 »
240 —	250 —	8 »
Residuum		17 »
Verlust		11 »
		<hr/> 269 gr.

Fraktion 230—240° (157 gr.) Anfangstemperatur 205. Letzte Fraktion 265—270°.

Fraktion 240—250° (113 gr.) Anfangstemperatur 220° Letzte Fraktion 270—280°.

Fraktion 250—260° (52 gr.) Anfangstemperatur 230° Letzte Fraktion 280—290°.

Die angegebene Destillation, besonders die wiederholten Fraktionierungen der einzelnen Fraktionen, zeigten, was für ein kompliziertes Gemisch von unzähligen Körpern der Teer ist und wie unmöglich es ist, bei Versuchen im Kleinen zu einer Trennung zu gelangen nur auf dem Wege der Fraktionierung, die, im Grossen ausgeführt z. B. mit 2—3 cbm. Teer, sehr gute Dienste leisten könnte. Sie zeigten weiter, welchen Einfluss die Temperatur auf die Zersetzung der im Teer vorhandenen Körper ausübt, eine Thatsache, die bei den späteren Manipulationen in Betracht gezogen wurde.

Um eine Trennung ohne Anwendung von hohen Temperaturen zu bewerkstelligen, wurde eine

II. Destillation mit Wasserdampf

angestellt. 400 gr. Teer wurden mit Wasserdampf destilliert, wobei eine hellgelbe Flüssigkeit übergang. Das erste Destillat trennte sich in eine untere, wässrige Schicht und eine obere Schicht aus leichtem Teeröl. Bei weiter fortgeschrittener Destillation wurde das Teeröl schwerer und sank in Wasser unter. Die Vorlage wurde gewechselt und das schwere Teeröl für sich aufgefangen.

400 gr. Teer gaben 33 gr. leichtes Teeröl.

58 » schweres »

Die Destillation mit Wasserdampf (versuchsweise auch mit überhitztem Wasserdampf) wurde wiederholt, aber trotzdem diese mehrere Tage lang weiter geführt wurde, ging verhältnismässig wenig über.

Die bis jetzt angestellten Versuche, welche ich alle als Vorversuche bezeichnen will, wurden in verschiedener Weise wiederholt. Dabei zeigte sich, dass je nach der zu einer Destillation verwendeten Zeit das Residuum ein grösseres oder kleineres war, mit andern Worten, dass die Temperatur zersetzend wirkte; weiter, dass eine Fraktion, welche fast farblos übergang, fortwährend neue Mengen von undestillierbarem Residuum absetzte; weiter, dass die verschiedenen Fraktionen sich färbten

unter Einfluss von Luft und Licht, und dass die Zersetzung durch stärkere Reagentien beschleunigt wurde.

Stellt man sich als Aufgabe, die im Teer vorhandenen chemischen Körper — wenn auch nur gruppenweise — zu trennen, ohne dass dieselben eine zu grosse Zersetzung erleiden, so muss nach den durch die oben erwähnten Vorversuche gewonnenen Erfahrungen die Aufgabe die sein:

1. die Destillation möglichst rasch und bei möglichst niedriger Temperatur auszuführen

2. unter möglichstem Ausschluss von Luft und Licht zu arbeiten.

Ersteres konnte am besten berücksichtigt werden durch Destillation im Vacuum, letzteres durch Arbeiten in geschlossenen Gefässen und Aufbewahren in dunklem Raume, sowie z. B. durch Trocknen mit Kohlensäurestrom statt mit Luft etc. etc. Eine Destillation im Vacuum hat nicht allein den Vorteil, dass wegen der Temperaturerniedrigung die Zersetzung verringert wird, sondern auch den, dass infolge der viel rascheren Abnahme der Tension des höher siedenden, als der des flüchtigen Körpers, die Trennung eine vollständigere wird.

III. Destillation im Vacuum.¹

9600 gr. Teer wurden in 4 Portionen destilliert. Das schwach gelb gefärbte Destillat wurde in drei Fraktionen aufgenommen.

9600 gr. ergaben:

Tab. V.

zwischen 58° und 130°—	1369 gr.	leichtes Holzöl davon 439	14,3 %
		gr. wässrige Flüssigkeit	
— 130 » 170 —	3552 »	} schweres Holzöl davon 20	61,3 »
— 170 » 295 —	2333 »		
		} gr. wässrige Flüssigkeit	
Residuum	1979 »	20,4 »
Verlust	367 »	4,0 »
	<u>9600 gr.</u>		<u>100 %</u>

¹ Die Destillation wurde in einer mit Helm versehenen kupfernen Blase ausgeführt. Zwischen Helm und Blase wurden Asbestringe gelegt und der Helm mit eisernen Schrauben festgehalten. Sehr fein geriebener Gips wurde zum Dichten derjenigen Stellen benutzt, die einer grösseren Hitze ausgesetzt waren, nachdem gröberes Gipspulver sich als unbrauchbar erwiesen hatte. Für Sicherheitsflasche, Vorlage und Manometer wurde Paraffin oder Lack zum Dichten angewendet. Die Feuerung musste anfangs sehr vorsichtig geleitet werden, um ein plötzliches Übersteigen der Flüssigkeit zu vermeiden. Bei grösseren Destillationen habe ich später kleinere Flammen auf die Seite der Kupferblase gerichtet und so die Teermasse etwas mehr von oben nach unten

Von den 1369 gr. der ersten Fraktion trennten sich 439 gr. schwach gelb gefärbte, wässrige Lösung von dem darauf schwimmenden Holzöl ab. Von den späteren Fraktionen gelang es nur mit Mühe, ca. 20 gr. des abgespaltenen sauren Wassers zu sammeln. Das zuerst übergegangene, schon als solches vorhandene, saure Wasser betrug beinahe 4.6 % der Teermasse, mit den 20 gr. später abgespaltenen Wassers ca. 4.7 %.

Die von der ersten Fraktion (1369 gr.) vom Wasser abgetrennten 930 gr. leichtes Teeröl, sowohl wie die zweite (3552 gr.) und dritte (2333 gr.) Fraktion wurden in Arbeit genommen, damit auf

IV. Chemischem Wege

die in ihnen enthaltenen Körper: Aldehyde, Ketone, Fettsäuren, Phenole, Kohlenwasserstoffe, Ester, Alkohole und andere Verbindungen voneinander getrennt werden konnten. Die verschiedenen Fraktionen wurden zwar getrennt verarbeitet, aber der Gang der Trennung war bei allen Fraktionen und auch bei den verschiedenen Teersorten fast immer derselbe und wird daher ein für allemal hier angegeben.

a. Aldehyde und Ketone.

1. Bestimmung¹ der jodoformbildenden Substanzen (Aceton) in der wässrigen Lösung.²

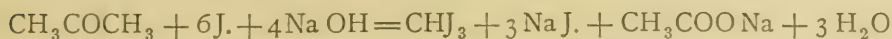
1 ccm. der wässrigen Lösung wurde in einem Messcylinder zu 10 ccm. Doppel-Normal-Natronlauge zugegeben und mit 5 ccm. Doppel-Normal-Jodlösung versetzt. Nach einigem Stehen wurden 10 ccm. alkoholfreier Äther (über Natrium destilliert) hinzugefügt, tüchtig geschüttelt und das Volumen der Ätherschicht nach dem Absetzenlassen abgelesen (9.5 ccm.). Von letzterer wurden mit einer Pipette 5 ccm. abgehoben und auf einem gewogenen Uhrglase zum Verdunsten gebracht. Nach zwei-

erhitzt. Die Destillation ging dann ruhig von statten. Ich brachte das Vacuum auf 9 mm. Druck. Bei sehr rascher Destillation sank der Druck bis auf 50 mm. Leider war es nicht möglich, den Druck konstant zu halten, es schien sogar, dass der zu den verschiedenen Tageszeiten schwankende Wasserverbrauch der Hochschule denselben beeinflusste.

¹ Die Methode, welche jetzt fast allgemein angewendet wird, ist von Kraemer angegeben worden. (Berichte 13, 1002).

² Da das erstgenannte Ausgangsmaterial von 9.6 kg. nicht immer genügte, wurden ausserdem 30 kg. Teer in Arbeit genommen. Im Folgenden werden sich daher die Berechnungen bald auf 30 kg., bald auf 9.6 kg. beziehen.

stündigem Stehen im Exsiccator wurde das Jodoform gewogen und auf Aceton¹ berechnet nach der Gleichung:



1 Molekül Jodoform (394) entspricht also 1 Molekül Aceton (58).

Gefunden wurden 0.19 gr. Jodoform. Man berechnet nach der Gleichung:

$$\frac{58. \text{ a. } 100 \text{ X}}{394 \text{ y.}}$$

wo a die gefundene Jodoformmenge, X die Anzahl ccm. der abgelesenen Ätherschicht (9.5) und y die gewonnene Anzahl ccm. der ätherischen Lösung (5 ccm.) bedeutet.

Setzen wir die gefundenen Zahlen hinein, haben wir:

$$\frac{58 \times 0.19 \times 100 \times 9.5}{394 \times 5} = 5.30$$

Die gefundene Zahl giebt die Volumenprocente an. Will man die Gewichtsprocente haben, dividiert man die gefundenen Volumenprocente mit dem spez. Gew. der untersuchten Flüssigkeit.

$$\frac{5.30}{0.97} = 5.46 \text{ Gw. } \%$$

Nach Vereinbarung hat man, um die Procentzahl direkt zu ermitteln, folgenden Faktor festgesetzt:

man multipliciert die gefundene Jodoformmenge mit 28 und dividiert mit dem spez. Gew. der Flüssigkeit.² Ist die gefundene Jodoformmenge wie hier 0.19 gr. hat man

$$\frac{0.19 \times 28}{0.97} \text{ } = 5.48 \%$$

(spez. Gew. d. Flüssigkeit)

also praktisch dieselbe Zahl wie bei der ersten Berechnung.

2. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen im leichten Holzöl.

1 ccm. des leichten Holzöls wurde genommen und genau nach dem unter a. 1. gegebenen Verfahren bestimmt. Jodoform gefunden 0.19.

$$\frac{0.19 \times 28}{0.97} = 5.48 \%$$

¹ Ausser Aceton können noch andre jodoformbildende Substanzen im Teer vorhanden sein, z. B. Propionaldehyd Methyläthylketon u. a. Diese Körper sind aber nur in minimalen Quantitäten vorhanden.

² Statt 28 wird mitunter der Faktor 29 angegeben.

Nach Hinz¹ erhält man genauere Resultate, wenn der Acetongehalt durch eine vorläufige Prüfung auf ca. 1—1½ % gebracht wird.

Dieses Verfahren wurde deshalb hier nicht angewandt, weil durch kleine Mengen anhaftenden Teeröls der Fehler beim Wägen des Jodoforms vergrößert worden wäre, und auch, weil die ölige Schicht sich nicht mit Wasser mischen liess.

3. Bestimmung der Aldehyde und Ketone durch Ausschüttelung mit Natriumbisulfitlösung aus den leichten und schweren Holzölen.

Mit 40 % iger Lösung von Natriumbisulfit wurden die Fraktionen wiederholt geschüttelt und im Scheidetrichter getrennt. Zum Freimachen der Aldehyde wurde mit verdünnter Schwefelsäure am Rückflusskühler erwärmt.

Grosser Überschuss von Schwefelsäure und längeres Kochen mussten vermieden werden. Nachdem die Lösung abgekühlt war, wurde mit Äther ausgeschüttelt, zur Reinigung mit Wasserdampf destilliert und nochmals in Äther aufgenommen. Das so gewonnene Produkt, welches die bekannten Reaktionen auf Aldehyde und Ketone zeigte, ergab nach dem Abdunsten des Äthers beim Wägen 118.5 gr.

Die oben gefundenen Zahlen summiert und auf die Gesamtmenge des Teers berechnet:

In der wässrigen Lösung, sowohl wie im leichten Holzöl 5.48 % gefunden. Der ganze Vorlauf (wässrige Lösung und Holzöl) betrug 2¼ kg. Auf 30 kg. Teer berechnet² 0.411 %

In den leichten und schweren Holzölen 118.5 gefunden.

Auf das ganze (30 kg. Teer) berechnet 0.395 »

Gesamtmenge der Aldehyde und Ketone im Teer . . . 0.806 »

b. Bestimmung der Fettsäuren.

Die Fettsäuren wurden bestimmt in der abgeschiedenen wässrigen Lösung durch Titrierung, und im leichten und schweren Holzöl durch verschiedene Methoden, die unten näher angegeben sind.

¹ Zeitschr. f. anal. Chemie 27, 182.

² Pag. 9 wird angegeben, dass eine Portion von 9.6 kg. Teer in Arbeit genommen wurde. Da dieses Quantum nicht ausreichte, besonders für die Identifizierung von Fettsäuren und anderen Körpern, wurde eine zweite Portion von 30 kg. destilliert, später eine dritte Portion u. s. w. Der Kürze halber werden die bei diesen Destillationen erhaltenen Zahlen nicht angegeben. Die Berechnungen bei den ausgeführten Analysen beziehen sich aber bald auf die eine, bald auf die andre Portion.

In der wässrigen Lösung wurden die Fettsäuren mit $\frac{n}{2}$ Natronlauge titriert und auf Essigsäure berechnet, nachdem ein Versuch gezeigt hatte, dass die aus dem Teer ausgeschiedenen Phenole in so verdünnter Lösung kaum durch Natronlauge mittitriert werden konnten. Die aus verschiedenen Destillationen erhaltenen sauren, wässrigen Lösungen schwankten etwas im Säuregehalt. Die aus der 9.6 kg. Destillation (439 gr. + 20 gr. wässrige Lösung vergl. pag. 10) erhaltene wässrige Lösung ergab bei der Titration mit $\frac{n}{2}$ Natronlauge 5.9 % Säuregehalt.

Aus den Holzölfraktionen wurden die Fettsäuren durch Ausschütteln mit Sodalösung von 10 %, 5 % und 3 % entfernt. Die gesammelten Lösungen wurden zur Konzentration und zum Verjagen von etwa mitgerissenen Phenolen eingedampft und mit Schwefelsäure angesäuert. Die oben schwimmenden Fettsäuren konnten zum grössten Teil abgehoben werden. Die im Wasser schwebenden Fettkügelchen wurden mit Äther entfernt und nach dem Verdunsten des Äthers und Trocknen im Exsiccator mit den andern Fettsäuren gewogen.

Säuren gefunden 366 gr.

Nach der Reinigung 328 »

Ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Säuren wurde mit neuen Mengen Teer (2.2 kg.) vorgenommen:

Die Holzölfraktionen wurden mit Kalk neutralisiert, anfangs mit gelöschtem Kalk, zum Schluss mit Calciumcarbonat, bis kein Aufbrausen mehr stattfand. Durch Calciumcarbonat sollte verhindert werden, dass Phenole als Calciumsalze mitgenommen würden.

Nach der Trennung wurde die Lösung der Calciumsalze zum Trocknen eingedampft, worauf erst mit Alkohol, dann mit Äther gewaschen wurde.

Um aus diesen so dargestellten Calciumsalzen (besonders dem essigsauren Calcium) den Säuregehalt zu bestimmen, hat Fresenius¹ eine Methode angegeben.

¹ Zeitschr. f. anal. Chemie 5.315 u. 14.172. Die Methode soll hier kurz zusammengestellt werden.

5 gr. genau abgewogenes, bei 100—105° getrocknetes Calciumsalz werden mit möglichst wenig Wasser in einem Fraktionierkolben (ca. 500 ccm. Inhalt) gespült und mit ca. 50—60 ccm. Phosphorsäure (ca. 25—30 %) versetzt. Der Fraktionierkolben steht in Verbindung mit einem Entwicklungsgefäss für Wasserdampf und wird so lange für sich erhitzt, bis der Inhalt zur Syrupdicke eingedampft ist. Die übergelenden Säuredämpfe werden in einem langen Kühler kondensiert und direkt in der Vorlage mit doppelnormaler Natronlauge titriert. Es ist bei dieser Methode darauf zu achten, dass ein Überschuss von Phosphorsäure vorhanden ist, da sich sonst neutrales Calciumphosphat bildet, welches schwer löslich ist und daher sehr lästiges Stossen der Flüssigkeit hervorruft.

Die oben gefundenen Zahlen summiert und auf Teer berechnet:
 5.9 % Säuregehalt in 459 gr. wässriger Lösung geben auf 9.6 kg.
 Teer berechnet 0.281 %
 (Spätere Versuche mit neuen Teermengen gaben etwas
 höhere Zahlen).

328 gr. Säuren gewonnen in Holzölen aus 9.6 kg. Teer . 3.41 »

Gesamtgehalt von Fettsäuren 3.691 %.

Aus einer neuen Menge Teer (2.2 kg.) wurden die Kalksalze, wie oben angegeben, dargestellt und nach dem Waschen und Trocknen gewogen.

Gefunden 96.366 gr.

Das Kalksalz wurde nach der Methode von Fresenius auf die Säuremenge geprüft. Das Destillat von 5.120 gr. Kalksalz verbrauchte 23 ccm. n. Na OH.

23 ccm. n. Na OH entsprechen 1.38 gr. Essigsäure-anhydrid.
 $5.120 : 1.38 = 96.36 : X = 25.9$ gr. Anhydrid in der ganzen Menge
 Kalksalz.

Auf 2,2 kg. Teer berechnet 1.17 %
 flüchtige Fettsäuren.

Um die einzelnen Fettsäuren zu isolieren, wurden grössere Mengen Teer durch Ausschüttelungen mit Sodalösung — wie pag. 13 angegeben — verarbeitet. Das so erhaltene unreine Säuregemisch wurde fraktioniert, destilliert und die einzelnen Fraktionen, wieder fraktioniert, gefällt. Barium- und Magnesiumsalze wurden dargestellt. Bei der Analyse dieser Salze lagen die Zahlen oft zwischen den homologen Säuren, oft sehr nahe an denselben, aber wegen Mangels an Material bekam ich die Salze nicht rein genug, um die gefundenen Zahlen als zuverlässig hier angeben zu können. Von Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure und Capronsäure¹ wurden die Salze ziemlich rein erhalten. Um Essigsäure von den nächstliegenden homologen Fettsäuren zum Identifizieren zu trennen, wurde

¹ Mit genügenden Mengen Ausgangsmaterial — sagen wir ca. 800—1000 kg. — könnte man gewiss, ohne zu grosse Schwierigkeiten, eine Reihe von homologen Fettsäuren in der angegebenen Weise isolieren. Da der Procentgehalt an Fettsäuren aber ein so geringer ist, haben die einzelnen Säuren weniger Interesse; besonders da diese früher von andern Forschern so oft in Holzteer nachgewiesen worden sind. Bei der Beurteilung des Teers als solcher spielt aber der Gesamtgehalt an Fettsäuren, besonders der wasserlöslichen, eine Rolle, und ich habe deshalb späterhin eine Methode angegeben, um diese für praktische Bedürfnisse bestimmen zu können.

Gebrauch gemacht von der grossen Verschiedenheit der Löslichkeit der Bariumsalze in Alkohol. Bei Propionsäure wurde das Bleisalz benutzt.

c. Phenole und Phenolderivate.

Die von der Sodalösung im Scheidetrichter abgetrennte Teerfraktion wurde auf Phenole und Phenolderivate verarbeitet, indem sie mit 10—15 % Natronlauge ausgeschüttelt¹ wurde. Die Lauge muss so stark sein, weil die Phenole sich dann leichter an Natrium binden. Die starke Lauge hat aber den Übelstand, dass Kohlenwasserstoffe mitgelöst werden. Um dies zu verhindern, wurde die Mischung nach dem Schütteln mit Wasser verdünnt und nochmals geschüttelt. Dabei scheiden die Kohlenwasserstoffe sich wieder aus. Bei den niedriger siedenden Fraktionen kann man gut verdünnen bis auf 5 % Lauge und noch mehr; die Trennung geht doch glatt vor sich wegen des grossen Unterschiedes im spez. Gew. der beiden Flüssigkeiten. Bei den höher siedenden Fraktionen, deren spez. Gew. sich dem einer 5 % igen Lauge nähert, bringt die Verdünnung Schwierigkeiten. Man muss hier erst im Scheidetrichter die Kohlenwasserstoffe von den gelösten Natriumphenolaten trennen und nachher aus den letzteren die gelösten Kohlenwasserstoffe durch Verdünnen mit Wasser herauscheiden.

Um zu prüfen, ob nach dem Verdünnen mit Wasser noch Kohlenwasserstoffe vorhanden waren, wurden die alkalischen Lösungen manchmal mit Äther ausgeschüttelt. Dabei kam meistens nur wenig heraus.

Beim Zusatz von sehr wenig Natronlauge zu der Teerfraktion reagierte die Mischung alkalisch. Dabei konnte man sich zu der Annahme verleiten lassen, dass sehr wenige in Natronlauge lösliche Phenole vorhanden waren. Dies erwies sich aber als falsch. Beim weiteren Zusatz von Lauge (nachdem die Mischung schon alkalisch reagierte) fand eine bedeutende Temperaturerhöhung (von 18° auf 39° C.) statt, und erhebliche Quantitäten lösten sich in Natronlauge.

Die Ausschüttelungen mit Natronlauge wurden mit derselben Teerfraktion 4—5 mal wiederholt (um Verschmieren zu vermeiden, unter Kühlung). Die indifferenten Körper, meist aus Kohlenwasserstoffen bestehend, wurden für weitere Behandlung zur Seite gestellt (pag. 19).

¹ Das Ausschütteln wurde in grossen, starkwandigen Flaschen vorgenommen. Leider hatte ich keinen Schüttelapparat zur Verfügung, welcher Umstand die Arbeit sehr erschwerte, da das Schütteln sehr kräftig ausgeführt werden musste. Nach dem Schütteln wurde die Mischung in grosse Scheidetrichter gegossen und der Ruhe überlassen. 24 Stunden genühten fast immer, um eine vollständige Trennung zu bewerkstelligen.

Die Natronausschüttelungen hatten eine braunschwarze Farbe, während vor dem Schütteln mit Lauge die meisten Fraktionen fast farblos oder hellgelb waren. Nachdem die verschiedenen Natronausschüttelungen gesammelt waren, wurde bis zur sauren Reaktion Schwefelsäure hinzugefügt und die Mischung geschüttelt. Eine schwarze, ölarartige Masse sammelte sich auf der Oberfläche und liess nach dem Abheben die untere, wässrige Schicht als eine unklare, rotbraun gefärbte Flüssigkeit zurück. Diese wurde mit Äther (auch Chloroform und Essigäther wurde benutzt) geschüttelt, wobei die letzten Spuren von Phenolen aufgenommen wurden und die wässrige Lösung ganz klar zurückblieb. Nach dem Verdunsten des Äthers wurden die so gewonnenen, phenolartigen Körper den abgehobenen Phenolen beigefügt zur gemeinsamen weiteren Verarbeitung.

Gefunden wurden 4580 gr. Phenole und phenolartige Körper, nachdem Spuren beigemischten Wassers entfernt waren.

Die so erhaltenen Rohphenole wurden durch Wiederauflösen und Ausfällen, sowie durch Destillation gereinigt. Die gereinigten Phenolderivate wogen

4290 gr.

4290 gr. auf 9,6 kg. Teer berechnet = 44.7 %.

Kreosot.

Wie aus der ersten Destillation (pag. 6) ersichtlich, steigerte sich das Quantum der einzelnen Fraktionen ziemlich regelmässig und erreichte um 200° herum ein Maximum. Zwischen 180°—250° gingen von den 2900 gr. Teer 1143 gr. über, d. i. fast 40 %. Bei der Destillation im Vacuum (vergl. pag. 9) zeigte sich ein ähnliches Verhältnis, obwohl die Temperaturangaben hier etwas nach unten gerückt waren. Eine Destillation, welche besonders zum Zwecke der Kreosotgewinnung vorgenommen wurde, ergab zwischen 180° und 280°—4055 gr. aus 9.6 kg. Teer = 42.4 %.

Es zeigte sich weiter, dass diese Fraktionen um 200° herum zum grössten Teil aus Phenolen und Phenolderivaten bestanden. Mehrere Holzteere — norwegische, deutsche, österreichische etc. — zeigten in dieser Beziehung viel niedrigere Zahlen.

So ergab z. B. ein von mir untersuchter Buchenholzteer 41 %, ein böhmischer Fichtenteer 17 %, ein norwegischer Kienteer 21,8 %, während der vorliegende Retortenteer aus Sägespänen 44.7 %, mit Natronlauge ausschüttelbare, phenolartige Körper ergab.

Bekanntlich wird nun das Handelskreosot dargestellt aus einer Fraktion des Holzteers (Buchenholzteer) welche zwischen 200° und 220° liegt. Ja man hat sogar für Kreosot die Definition gebraucht »dargestellt aus dem zwischen 200° und 220° siedenden Anteil« etc.

Da Kreosot kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemisch von mehreren phenolartigen Stoffen ist, so hat man eine bestimmte Fraktion festsetzen müssen, welche als Ausgangsmaterial verwendet werden darf. Dies ist um so mehr nötig, als die chemischen Körper, Guajacol $C_6H_4 \begin{smallmatrix} \diagup OCH_3 \\ \diagdown OH \end{smallmatrix}$, der Monomethyläther des Brenzkatechins und Methyl-Kreosot $C_6H_4 \begin{smallmatrix} \diagup OCH_3 \\ \diagdown OH \\ \diagdown OH \end{smallmatrix}$ der Monomethyläther des Homobrenzkatechins, zusammen mit Xylenolen Kresolen¹ etc. nicht in konstanten, sondern in wechselnden Mengenverhältnissen vorhanden sind.

Da der vorliegende Holzteer (aus Sägespänen) erhebliche Mengen von Phenolderivaten enthält, und da diese besonders um die bei Kreosotdarstellung festgesetzte Fraktion (200° — 220°) herum ihre Siedepunkte hatten, lagen die folgenden Fragen nahe an der Hand:

Wie verhält sich das aus einer Fraktion 200° — 220° dargestellte Präparat zu dem in Ph. N. oder A. D. R. als officinell eingeführten Kreosot?

Haben die aus diesem Teer darstellbaren Phenole, so wie die aus Buchenholzteer dargestellten, einen therapeutischen Wert?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine grössere Menge dieses Teers auf Kreosot verarbeitet. Das Verfahren war dasselbe wie das bei der Darstellung des officinellen Kreosotes gebräuchliche, und bestand darin, die schweren Holzöle in Natronlauge aufzunehmen und wieder mit Schwefelsäure auszuscheiden.

Dieses Auflösen und Wiederfällen wird so oft wiederholt, bis das abgeschiedene Produkt in Natronlauge völlig klar löslich ist. Schliesslich werden Karbolsäure und Fettsäuren durch Waschen mit sehr verdünnter Natronlauge entfernt und dann fraktionsweise destilliert. Das zwischen 205° und 220° Übergehende² wird als Kreosot aufgefangen.

Es gelang mir in dieser Weise, ein Kreosot darzustellen, an dessen Brauchbarkeit ich grosse Hoffnungen zu knüpfen wage. Sein antisепtischer und besonders therapeutischer Wert kann nicht in so kurzer Frist,

¹ Marasse hat im Buchenholzteerkreosot auch Kresylalkohol gefunden. Berichte 1.99 und 2.71.

² Die Angaben über die fabrikmässige Darstellung von Kreosot sind nicht übereinstimmend. So wird im Kommentar zum A. D. R. die Fraktion zwischen 200° und 220° gegeben. Nach andern aber soll es 205° — 220° sein. (»Chem. Industrie u. Pharmacie«, Weidinger).

wie für die Beantwortung der vorliegenden Frage gestellt worden ist, bestimmt werden. Die Untersuchungen werden von den ersten Physiologen weiter geführt, unter anderen von Geheimrat Professor Dr. Liebreich, Director d. Kgl. pharmakologischen Institutes in Berlin.

Dass der von mir dargestellte Kreosot mit dem officinellen Buchenholzteerkreosot identisch sein könnte, ist aus den oben angeführten Gründen ausgeschlossen. Er bestand aber die meisten der bekannten Prüfungen auf Kreosot (Buchenholzteerkreosot) recht gut.

Zum Vergleich wurde ein officineller Buchenholzteerkreosot herangezogen und folgende Proben angestellt:

1. Der von mir dargestellte Kreosot bestand die Probe auf »unreinen Kreosot« (10 Tropfen in 10 ccm. Weingeist und 1—2 Tropfen verdünnte Eisenchloridlösung schwach blaue Färbung, bei grösseren Mengen schmutziggrün) ebenso gut wie der gekaufte.

2. Die Probe mit Kaliumhydroxyd (Guajacolkalium) zeigte weniger Guajacolgehalt (erstarrte erst über Nacht).

3. Probe auf Carbolsäure (3 ccm. Kreosot mit 3 ccm., säurefreiem Kollodium (— soll flüssig bleiben —) bestanden.

4. Prüfung auf Coerulignon und hochsiedende Teeröle bestand Kreosot aus Teer A ebensogut wie der officinelle Kreosot.

5. Prüfung auf Abwesenheit von sogenannten »teerartigen Produkten« ausserdem auf Naphtalin und Kohlenwasserstoffe (1 ccm. Kreosot 2.5 ccm. 15 % Natronlauge giebt eine klare, hellgelbe Lösung, welche verdünnt mit 50 ccm. Wasser, klar bleiben soll) zeigte eine kaum merkbare Trübung.

6. 1 ccm. Kreosot mit 10 ccm. Ammoniak, in einem Probierrohre geschüttelt, soll nach dem Absetzenlassen 0.75 ccm. Kreosotschicht zeigen. Kreosot aus Teer A zeigte 0,65 ccm.

Es bleibt noch übrig darauf aufmerksam zu machen, dass der Teer A in dem der von mir dargestellte Kreosot enthalten ist, mir von den Fabriken zugeschickt wurde mit der Bemerkung, dass er viel billiger sei, wie die übrigen zum Handel gelangten Teersorten, ja sogar für ein Viertel des gewöhnlichen Preises geliefert werden könne.

¹ Ich muss noch hinzufügen, dass der von mir gekaufte Buchenholzteerkreosot die Reinheits- sowie die Identitätsproben *nicht alle* gut bestand. Ich hatte denselben in einer wohl renommierten Berliner Apotheke als officinell erhalten.

Diese Thatsache, in Verbindung mit den oben angeführten Resultaten, (grosse Ausbeute) berechtigt wohl zu der Annahme, dass man einige Hoffnungen an die Zukunft dieses *aus norwegischen Teersorten bisher nicht dargestellten Erzeugnisses* knüpfen darf.

d. Kohlenwasserstoffe und andere indifferente Körper.

Nachdem die Aldehyde, Ketone und Fettsäuren herausgenommen und weiter alle mit Natronlauge entfernbaren Phenole und Phenolderivate sorgfältig ausgeschüttelt waren, wurden die indifferenten Körper mit Wasser gewaschen, um Natronlauge wegzunehmen. Darauf wurde im Scheidetrichter getrennt, getrocknet und gewogen.

Gefunden: 2160 gr.

auf 9.6 kg. Teer berechnet 22.5 %.

Aus den höher siedenden Kohlenwasserstoffen wurde nach dem Fraktionieren der Versuch gemacht,

Reten

darzustellen.

In den höchst siedenden Anteilen des Fichtenteers hat Renard¹ Reten gefunden wie auch Ekstrand in den zwischen 380° und 400° siedenden Anteilen. Wegen seines hohen Siedepunktes bleibt Reten bei den Destillationen häufig im Rückstand (Pech, Asphalt). Man schreibt in den letzten Jahren einem Retengehalt in Pech oder Asphalt eine gewisse Bedeutung bei der Beurteilung resp. Identifizierung des letzteren zu.

Da man früher Reten gefunden hat, besonders in dem aus Nadelhölzern dargestellten Holzteer, war eine Anwesenheit von Reten auch im vorliegenden Teer zu vermuten. Ich habe die Versuche in der Weise gemacht, dass die zwischen 380° und 410° übergehenden Anteile für sich aufgefangen und in einem Eisschrank mehrere Wochen zur Krystallisation hingestellt wurden. Auch wurde das von den früheren fraktionierten Destillationen zurückgebliebene Pech in kleinen Retorten aus schwer schmelzbarem Kaliglas erhitzt, und die kleinen Mengen, welche bei ca. 400° übergingen, aufgefangen. Wiederholte Versuche ergaben alle negative Resultate. Da es mir gelang, in andern Teersorten leicht und glatt das Reten zu bekommen, schliesse ich aus den wiederholten Versuchen, dass

¹ Compt. rend. 119—1276—1277.

in diesem Teer, resp. dem daraus entstandenen Pech, kein Reten vorhanden ist.

Pech.

Der Rückstand der früher genannten Destillationen (vergl. pag. 9) bestand aus einer glänzenden, hartbrüchigen Masse von schwarzem Pech, die nach jeder Destillation losgehauen werden musste. Das Pech wurde gesammelt und gewogen.

Gefunden 1979 gr.

auf 9.6 kg. Teer berechnet 20.6 %.

Andre Destillationen, besonders die, welche *nicht* im Vacuum vorgenommen wurden, gaben viel mehr Rückstand und erreichten 31 %.

Methylalkohol.

Wenn ich eine Probe der wässrigen Lösung, die sich von dem Vorlauf abtrennte, im Reagensglase über einer Flamme erhitzte, entzündeten sich die Dämpfe und brannten mit wenig leuchtender Flamme. Dieses könnte von Methylalkohol oder von niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen herrühren. Aus dem Vorlauf wurde durch wiederholte fraktionierte Destillation eine Fraktion erhalten, welche zwischen 65°—70° aufgefangen wurde. Zur Reinigung wurde mit Wasserstoffsuperoxyd in alkalischer Lösung oxydiert und wieder fraktioniert.

Der so erhaltene rohe Holzgeist war nicht so rein, dass die Zeiselsche¹ Bestimmungsmethode benutzt werden konnte. Die einzige brauchbare Methode, um Methylalkohol im rohen Holzgeist, resp. Holzteer rasch und mit ziemlicher Sicherheit bestimmen zu können, wird von den Holzteerfabriken geheim gehalten.

Von den bekannten Methoden ist die von Krell² angegebene und später von Kraemer und Grodzki³ modifizierte, die beste. Nach dieser lässt man zuerst 5 ccm. Holzgeist auf 15 gr. Phosphorjodür (Pj₂) zutropfen (in der Minute 10 Tropfen) und danach 5 ccm. einer Lösung von 1 Teil Jod und 1 Teil Jodwasserstoffsäure. (spez. Gew. 1.7) Nach 5 Minuten langem Erwärmen auf dem Wasserbade am Rückflusskühler

¹ Monatshefte für Chemie 6. 989.

² Berichte 6. 1310.

³ » 7. 1495. 9. 1928.

wird das entstandene Methyljodid abdestilliert. Das Destillat wird auf 25 ccm. mit Wasser aufgefüllt, hierauf umgeschüttelt und das Volumen des Methyljodids abgelesen. 7.8 ccm. Methyljodid entsprechen 5 ccm. reinem Methylalkohol.

Wenn auch diese Methode auf reineren, als den von mir dargestellten Holzgeist angewendet, brauchbare Zahlen liefert, so war es mir doch nicht möglich, übereinstimmende Resultate zu erreichen. Auf Teer berechnet, schwankten die erhaltenen Zahlen zwischen 0.3 % und 2.3 %.

Allylalkohol.

Durch wiederholtes Destillieren der wässrigen Lösung (aus dem Vorlauf) über Ätzkalk erhielt ich eine kleine Menge einer bei 97° siedenden Flüssigkeit, welche den unangenehm stechenden Geruch des Allylalkohols besass und Bromadditionsvermögen zeigte.

V. Wasserbestimmungen.

a. Erhitzen im geschlossenen Rohre.

30 gr. Teer wurden einige Stunden in einem zugeschmolzenen Rohre auf 100° erhitzt; ein zweites Rohr mit 30 gr. auf 150° und ein drittes mit derselb. Quant. mehrere Tage auf 300°.

Das erste Rohr hatte keinen Druck und zeigte nur ein paar Tropfen abgetrennten Wassers, das zweite zeigte ca. 1,5 ccm. und das dritte Rohr, welches grossen Druck hatte, zeigte eine breite wässrige Schicht, die, mit einer Kapillarröhre herausgenommen und gewogen, 5.5 %¹ der ursprünglichen Teermenge betrug.

Um zu erfahren, wieviel davon als Wasser schon im Teer vorhanden ist, und wieviel sich beim Erhitzen bildet, mit andern Worten, wieviel davon mechanisch abgetrenntes und wieviel chemisch abgespaltenes Wasser ist, wurde eine kleine Menge Teer in einem Kolben schwach erhitzt und ein trockner Luftstrom durchgeleitet. Dabei oxydierte sich der Teer in solchem Grade, dass eine neue Portion genommen werden musste, die im Kohlensäurestrom getrocknet wurde. Der zu konstantem Gewicht getrocknete Teer wurde im geschlossenen Rohre vier Tage lang auf ca. 360° erhitzt.

¹ Dass die abgetrennte wässrige Schicht nicht ausschliesslich Wasser war, und daher obige Zahl nur annäherungsweise gilt, liegt auf der Hand.

In denselben Ofen wurde zum Vergleich ein zweites Rohr mit 10 ccm. reinem, aus Holzteer dargestelltem Methylpyrogallussäuredimethylester hineingelegt,

ein drittes Rohr mit über Chlorcalcium getrockneten Kohlenwasserstoffen und

ein viertes Rohr mit zu konstantem Gewicht getrockneten Phenolderivaten.

Nur das erste Rohr zeigte Wasserabspaltung.

Das abgespaltene Wasser, mit einem Kapillarsiphon herausgenommen, betrug 2.6 %; ein wiederholter Versuch zeigte etwas mehr — ca. 2.9 %.

Damit ist ein Beweis geliefert, dass die Abspaltung nicht durch einzelne Körper wie z. B. Methylpyrogallussäuredimethylester, auch nicht durch Kohlenwasserstoffe für sich, sondern ohne Zweifel hervorgerufen wird durch eine Einwirkung von aromatischen Kohlenwasserstoffen oder vielmehr von Carbonsäuren auf Kohlenwasserstoffe bei hoher Temperatur. Bekanntlich geht diese Reaktion auch zwischen Phenolen und Aldehyden und zwischen Aldehyden und Kohlenwasserstoffen vor sich. Da aber Aldehyde nur in Spuren vorhanden waren, schreibe ich sie den vorher genannten Körpern zu.

b. Im Exsiccator.

Eine genaue Wasserbestimmung im Teer bietet Schwierigkeiten, weil so viele leicht flüchtige Körper vorhanden sind. Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, hat Lecoque¹ folgende Methode zur Wasserbestimmung in Teer vorgeschlagen:

A. In einen Hempelschen Exsiccator mit Chlorcalcium wird eine kleine, genau abgerundete Menge Teer gebracht und der Exsiccator ausgepumpt.

B. In einen zweiten Exsiccator, worin nur lauwarmes Wasser ist, wird ebenfalls eine gewogene Teermenge gebracht und der Exsiccator ausgepumpt.

Beide werden bis zum konstanten Gewicht hingestellt.

Verlust in A sind Wasser + flüchtige Körper.

Verlust in B sind nur flüchtige Körper. $A - B =$ Wassermenge im Teer.

Gefunden 4.1 %.

¹ Chem. Ztg. 1898. pag. 41.

Die Wasserbestimmungen wurden auch auf andre Weise ausgeführt, indem ich einen trocknen Luftstrom durch eine gewogene Menge Teer führte. Der Teer wurde schwach erhitzt und die entweichenden Dämpfe wurden durch Paraffin (zum Festhalten der Kohlenwasserstoffe) und darauf durch ein gewogenes Chlorcalciumrohr geleitet.

Gefunden 4.8 % Wasser.

VI. Identitäts- und Farbenreaktionen.

Der Kommentar zum A. D. R. giebt einige Farbenreaktionen an, (Eisenchlorid und Kalkwasser) welche als Identitätsproben für Holzteer — besonders aus *Pinus Silvestris* bereitet — dienen soll. Diese Proben auf Teer A angewandt bestätigen, was aus den ausgeführten Untersuchungen schon hervorgeht, dass Teer A sich von andern Nadelholzteeren bedeutend unterscheidet. Meiner Erfahrung nach darf man aber diesen Farbenreaktionen keinen grossen Wert beilegen, ebensowenig wie einigen von Hirschhorn angegebenen Identitätsreaktionen für Holzteere.¹

Der Vollständigkeit halber sollen diese aber nicht in der Arbeit fehlen. (S. Tab. VI pag. 24).

VII. Verbesserung des Teers.

Vorliegender Teer wurde mir von der Fabrik geschickt mit der Bemerkung, dass er als Teer Gewohnheit und Vorurteil gegen sich habe.

Ich dachte es mir deshalb interessant, einen Vergleich mit dem in Norwegen viel gebrauchten finnischen Teer, welcher fast der einzige Teer ist, der von den Händlern in Christiania verkauft wird, zu ziehen. Ich bekam von Wertheim, Berlin, einen finnischen Teer.

Der Unterschied in äusseren Eigenschaften zwischen den beiden Holzteersorten war sehr auffällig und dürfte an und für sich dem Marktumsatz des norwegischen Retortenteers Schwierigkeiten bereiten. Der norwegische Retortenteer ist von anderer Farbe, anderer Consistenz und hat ausserdem einen penetranten, unangenehmen Geruch, während der finnische Teer einen weit aromatischeren Geruch besitzt.

Der Unterschied in den chemischen Eigenschaften ist jedoch nicht so auffallend, wie der in den äusseren. Beide Teere besitzen viele Phenole, was für die Anwendung als Conservierungsmittel von Bedeutung ist, ja, der Retortenteer hat sogar einen grösseren Gehalt an Phenolen, als der finnische.

¹ Pharm. Zeitschr. Russland 1897.

Tab. VI. Identitäts- und Farbenreaktionen.

Herkunft des Teers:	Mit <i>Eisessig</i> behandelt, löste sich:	Mit <i>Benzol</i> behandelt, löste sich:	Mit <i>Schwefelkoh- lenstoff</i> löste sich:	Mit <i>Terpentin</i> behandelt, löste sich:	Mit <i>Äther</i> behandelt, löste sich:	Mit <i>Chloroform</i> behandelt, löste sich:	<i>Petroläther</i> auszug des Teers, mit Kupferacetat- lösung behandelt:	Wässriger Auszug, mit Anilin und Salzsäure behandelt:
A Norwegischer Retortenteer aus Sägespänen von Nadelhölzern bereitet	klar.	fast vollkommen (bis auf einzelne Harzpartikelchen).	unvoll- kommen.	klar.	unvollkommen (hinterbleibt flockiger Niederschlag; auch in der Wärme unlöslich).	unvollkommen (hinterbleibt flockiger Niederschlag, in der Wärme klar, beim Er- kalten Trübung.	grünlich braune Färbung.	rote Färbung.
B Meilerteer (Gudbrandsdalen)	klar.	fast vollkommen (bis auf einzelne Harzpartikelchen).	unvoll- kommen.	klar.	klar.	klar.	grün.	rote Färbung.
C Meilerteer (Valders)	klar.	unvollkommen	unvoll- kommen (hinterbleibt flockiger Niederschlag)	klar.	unvollkommen (hinterbleibt flockiger Niederschlag; auch in der Wärme unlöslich.	unvollkommen (in der Wärme klar, beim Erkalten trübe)	grünlich.	rote Färbung.
D Finnischer Teer	klar.	sehr unvollkommen	wenig.	wenig.	sehr unvollkommen.	sehr unvollkommen.	nicht verändert.	rote Färbung.
E Laubholzteer	klar.	klar.	unvoll- kommen.	klar.	unvollkommen.	klar.	grün.	rote Färbung.

Letzterer hat einen kleineren Fettsäuregehalt, aber der Unterschied ist nicht gross genug, um allein darauf Vorteile, resp. Nachteile, für die praktische Anwendung zu bauen. Ganz anders verhielt es sich aber mit den *wasserlöslichen* Fettsäuren, d. h. mit dem Gehalt an Säuren, welche man durch Umrühren oder Umschütteln mit Wasser als wässrige Lösung bekommt.¹

Dabei zeigte sich ein eklatanter Unterschied, welcher aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist.

Tab. VII.

Vergleichende Proben auf wasserlösliche Säuren in Teer.

Teer.	100 ccm. Teer mit 500 ccm. Wasser geschüt- telt, 25 davon mit $\frac{n}{2}$ Natron- lauge titriert $\frac{n}{3}$ Natronlauge verbraucht:	$\frac{n}{2}$ Natronlauge verbraucht auf 100 gr. Teer:	Fettsäuren in Procenten (auf Essigsäure berechnet):
A Norwegischer Retortenteer, aus Sägespänen bereitet.	3.27	65 ccm.	1.95 ‰
B Meilerteer (Gudbrandsdalen).	0.33	6.8 ccm.	0.204 ‰
C Meilerteer (Valders).	0.72	14.4 ccm.	0.432 ‰
D Finnischer Teer.	0.20	4.0 ccm.	0.12 ‰
E Laubholzteer.	7.58	151.6 ccm.	4.54 ‰
X (Teer A wovon 6 ‰ leichtes Holzöl neben Säurewasser abdestilliert worden sind).	2.65	53.0 ccm.	1.59 ‰
Y (Teer A wovon mit Wasserdampf 12 ‰ leicht- tes Holzöl und 16 ‰ schweres Holzöl neben Säurewasser abdestilliert wor- den sind).	0.28	5.6 ccm.	0.168 ‰

¹ Man muss hierbei nicht vergessen, dass der Teer selbst ein vorzügliches Lösungsmittel für viele Fettsäuren ist, so dass man bei blossem Schütteln mit Wasser nicht alle wasserlöslichen Säuren herausbekommen kann.

Mit Ausnahme von Laubholzteer hat der Retortenteer den grössten Gehalt an wasserlöslichen Säuren. X und Y bezeichnen Versuche, welche ich angestellt habe, um Teer A durch teilweises Abdestillieren von dem grössten Teil der Säuren zu befreien. Erst wurde 6 % leichtes Holzöl u. Säurewasser abdestilliert, (X) aber trotzdem behielt der Rückstand den grössten Teil der Säuren.

Um den Säuregehalt erheblich kleiner zu machen, bis er annäherungsweise dem finnischen Teer gleich kam, mussten 28 %¹ Holzöl neben Säurewasser abdestilliert werden (Y). Der zurückbleibende Teer war dann aber zu dick für den praktischen Gebrauch.

Viel besser schien es mir, den Teer von Säuren zu befreien, durch einfaches Umrühren mit einem fünffachen Quantum von Wasser. Nach dem Absetzenlassen wird abgehoben, und wenn nötig, diese Operation wiederholt.

Dieses letztere Verfahren hat vor dem ersteren (Abdestillieren) den Vorteil, dass man weniger von wertvollen Bestandteilen verliert und ausserdem den Teer in viel weicherer Consistenz bekommt.²

¹ Dieses abdestillierte Holzöl brauchte kaum als wertlos betrachtet zu werden, falls man diesen Weg (Abdestillieren) einschlagen würde, um den Retortenteer brauchbarer zu machen. Es zeigte sich nämlich als ein vortreffliches Lösungsmittel für eine Reihe von Körpern und könnte durch Schütteln mit Natronlauge (eventuell auch Schwefelsäure) des sehr unangenehmen Geruchs beraubt werden.

² Zusammenstellung der Resultate findet sich übersichtlich in Tab. XI, pag. 38, 39.

B. Teer in Meilern zubereitet.

Dieser Teer hat eine braunschwarze bis schwarze Farbe, eine schwach saure Reaktion, einen aromatischen Geruch und ist viel weniger empyreumatisch, als der Retortenteer. Er hat ein spez. Gew. von 1.06, ist aber trotz des geringen Unterschiedes im spez. Gew. im Vergleich zum Retortenteer von viel dickerer Consistenz.

Die bei Teer A angewandten Bestimmungsmethoden wurden im Allgemeinen auch bei Teer B gebraucht. Der Kürze halber werden deshalb da, wo die Methoden übereinstimmen, nur die Resultate und Zahlen angegeben.

Stickstoff und Schwefel konnten nach den bekannten Methoden von Lassaigue und Schön n nicht nachgewiesen werden.

IX. Fraktionierte Destillation.

Die ersten Tropfen fingen erst bei 96° an überzugehen (Teer A bei 65°) und die Fraktionen lagen überhaupt bedeutend höher, als bei Teer A. Während bei letzterem die Hauptmenge um 200° herum übergang, war bei Teer B nur ein ganz kleiner Teil bei 200° übergegangen. Ein grösserer Teil ging sogar erst bei mehr als 360° über, so dass für die meisten Fraktionen ein Stickstoffthermometer angewendet werden musste. Ein anderer Unterschied lag darin, dass bei Teer B weniger Pech zurückblieb. Bei sehr schneller Destillation im Vacuum wurde dieses auf 15 gr. Pech aus 250 = 6% herabgesetzt. Bei grösseren Mengen vermehrte sich das Residuum. Nach einigen Vorversuchen wurden 6.4 kg. Teer genommen und getrennt in:

Leichtes Holzöl	1440 gr.	=	22.5 %
Schweres Holzöl	3560 »	=	55.6 »
Wässrige Lösung, welche mit dem leichten Holzöl			
übergang	200 »	}	= 5.0 »
Wässrige Lösung, welche mit dem schweren Holzöl			
übergang	120 »		
Residuum (Pech)	643 »	=	10.1 »
Verlust	437 »	=	6.8 »
<hr/>			
	6400 gr.	=	100.0 %

Tab. VIII. *Destillation*

Herkunft des Teers,	Menge Teer genommen (direkt in die Glasretorte abgewogen).	Consistenz,	Spez. Gew.
A Norwegischer Retortenteer aus Sägespänen von Nadelhölzern bereitet.	255,00 gr.	dünnflüssig unangenehmer empyreumatischer Geruch	1.07
B Meilerteer. (Gudbrandsdalen).	260,00 gr.	dickflüssig aromatischer Geruch	1.06
C Meilerteer. (Valders).	265,00 gr.	dickflüssig aromatischer Geruch	1.06
D Finnischer Teer (durch Wertheim, Berlin bezogen).	260,00 gr.	dickflüssig aromatischer Geruch	1.05
E Laubholzteer (durch Wertheim, Berlin bezogen).	255,00 gr.	weniger dickflüssig	1.19
F Fichtenteer. (Böhmen).	250,00 gr.	dickflüssig	1.12
G Retortenteer (unbekannter Herkunft).	250,00 gr.	etwas dünnflüssiger	1.04

X. Chemische Trennung.

a. Aldehyde und Ketone.

1. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen (Aceton) in der vom leichten Holzöl abgetrennten wässrigen Lösung nach der pag. 10 angegebenen Methode.

Gefunden Jodoform 0.078 gr. = 2.18 % jodoformbildende Substanzen in der wässrigen Lösung.

(Eine zweite Bestimmung gab 0.0713 gr. Jodoform).

verschiedener Holzteere.

Leichtes Holzöl und Säurewasser.		Schweres Holzöl.		Pech.		Verlust.	
Ausbeute.	in Procenten ausgerechnet.	Ausbeute.	in Procenten ausgerechnet.	Ausbeute.	in Procenten ausgerechnet.	Balance.	in Procenten ausgerechnet.
42,0 gr.	16.3 %	145,0 gr.	56.8 %	51,0 gr.	20 %	17,0 gr.	6.6 %
62,0 gr.	23.8 %	158,0 gr.	60.7 %	18,7 gr.	7.2 %	21,3 gr.	8.2 %
60,0 gr.	22.6 %	140,0 gr.	53,0 %	26,0 gr.	9.8 %	39,0 gr.	14.7 %
60,0 gr.	23.0 %	154,0 gr.	59.2 %	28,0 gr.	10.7 %	18,0 gr.	6.9 %
55,0 gr.	21.6 %	78,0 gr.	30.6 %	112,0 gr.	43.9 %	10,0 gr.	3.9 %
40,0 gr.	16.0 %	52,0 gr.	20.8 %	145,0 gr.	58.0 %	13,0 gr.	5.2 %
68,0 gr.	27.2 %	67,0 gr.	26.8 %	102,7 gr.	41.1 %	12,25 gr.	4.9 %

2. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen in der vom schweren Holzöl abgetrennten wässrigen Lösung (120 gr.) (vergl. pag. 27).

Gefunden 0.011 Jodoform = 0.31 % jodoformbildende Substanzen.

3. Bestimmung der Aldehyde und Ketone durch Ausschüttelung mit Natriumbisulfidlösung aus dem leichten und schweren Holzöl. (Methode vergl. pag. 12).

Gefunden 28.16 gr.

Die gefundenen Zahlen summiert und auf Teer berechnet:

In 200 gr. wässriger Lösung 2.18 %; auf das Ganze (6.4 kg. Teer) berechnet	0.068 %
In 120 gr. wässriger Lösung 0.31 %; auf das Ganze (6.4 kg. Teer) berechnet	0.0058 %
In den Holzölen 28.16 gr. gefunden, auf das Ganze (6.4 kg. Teer) berechnet	0.44 %
Gesamtmenge der Aldehyde und Ketone im Teer	0.5138 %

b. Fettsäuren.

Die Fettsäuren wurden bestimmt:

1. In den 200 gr. Säurewasser, welche mit dem leichten Holzöl übergangen (vergl. pag. 27).

10 gr. Säurewasser verbrauchten $32.2 \frac{n}{2}$ Na OH. (200 gr. Säurewasser würden demnach $644 \frac{n}{2} = 322 n$ Na OH gebrauchen); auf 6.4 kg. Teer berechnet 0.30 %

2. In den 120 gr. Säurewasser, welche mit dem schweren Holzöl übergangen (vergl. pag. 27).

10 gr. verbrauchten $13.0 \frac{n}{2}$ Na OH (120 gr. Säurewasser würden demnach $173 \frac{n}{2}$ Na OH gebrauchen; auf 6.4 kg. Teer berechnet. 0.07 »

3. Im leichten und schweren Holzöl wurden die Fettsäuren bestimmt durch das pag. 13 ausführlich angegebene Verfahren.

0.37 %

Überführt 0.37 %

Die mit Soda ausgeschüttelten Säuren wurden zuletzt in Petroläther aufgenommen, und diese, nachdem der Petroläther abdestilliert war, getrocknet und gewogen. Die in Petroläther ungelösten Säuren wurden mit Äther wiederholt geschüttelt und, nachdem von den Ätherlösungen der Äther abdestilliert war, getrocknet und gewogen.

Gefunden in Petroläther	37 gr. Fettsäuren	
» in Ätherlösung	39 » »	
	zusammen	76 gr. Fettsäuren
auf 6.4 kg. Teer berechnet		1.20 %
		1.57 %

Die in der wässrigen Lösung nach den Ausschüttelungen mit Petroläther und Äther zurückgebliebenen Säuren wurden mit Wasserdampf destilliert und die flüchtigen Säuren titriert. Aus 2 Litern überdestillierter, wässriger Lösung wurden 100 ccm. titriert.

2.3 ccm. $\frac{n}{2}$ Na OH verbraucht, auf 6.4 kg. Teer berechnet	0.21 %
zusammen	1.78 %

Das mittlere Molekulargewicht der Fettsäuren kann ermittelt werden, indem man eine beliebige Menge mit titriertem Kali neutralisiert (titriert) und das sich dadurch bildende Salz trocken wägt. Die so gefundene Zahl (in Procenten berechnet) nennt Henriques¹ die Seifenzahl. Daraus kann das Molekulargewicht *einer* Säure, und das mittlere Molekulargewicht aus einem Gemisch von Säuren berechnet werden, indem das Gewicht der Säure sich zum Gewicht des angewandten Alkalimetalls verhält, wie das Molekulargewicht der Säure zum Atomgewicht des Alkalimetalls.

Genommen 0.9106 gr. Säure. Verbraucht $14.91 \frac{n}{2}$ KOH = 7.46 n. KOH.

Seife gewogen 1.1311

Davon Kalium 0.2834 ($7.46 \text{ n KOH} \times (39 \times 1) = 0.2834$)

$1.1311 - 0.2834 = 0.8478$ Säure.

$0.2834 : 0.8478 = 38 : \times = 113$ mittleres Molekulargewicht.

¹ Chem. Revue über die Fett- und Harzindustrie Rob. Henriques Heft 9. 1898.

c. Phenole und Phenolderivate.

Um diese zu isolieren, wurde dasselbe Verfahren gebraucht, wie Pag. 15 ausführlich beschrieben worden ist.

Aus den leichten Holzölen gewogen 234 gr.

Aus den schweren Holzölen gewogen. . . . 1128 »
 ————— = 1362 gr.

Waschwasser:

Die Phenole wurden aus ihren Natriumsalzen mit verdünnter Schwefelsäure gefällt. Nach der Abtrennung der Phenole im Scheidetrichter oder mittels Siphons blieb eine wässrige Flüssigkeit zurück (im ganzen 6 Liter) welche noch kleine Mengen mittgerissener Phenole enthielt. Um den dabei entstandenen »Verlust«¹ zu bestimmen, wurde ein aliquoter Teil davon (100 ccm.) mit Kochsalz ausgesalzen und der Rest mit Äther ausgeschüttelt.

Gefunden 0.29 gr.

0.29 gr. in 100 ccm. = 17.4 gr. in 6 l. . . . = 17.4

Gesamtmenge der Phenole und Phenolderivate 1379.4 gr.

Auf 6.4 kg. Teer berechnet 21.56 %.

d. Kohlenwasserstoffe und andere indifferente Körper.

Die von der Behandlung mit Natronlauge abgehobene, dunkle Flüssigkeit wurde noch mehrmals mit verdünnter Natronlauge geschüttelt und nach dem Abtrennen getrocknet und gewogen.

Aus dem leichten Holzöl wurden gewonnen 640 gr.

» » schweren » » » 2240 »

Aus den Waschwässern wurde ein aliquoter Teil (100 ccm.) heraus genommen und der Gehalt an Kohlenwasserstoffen bestimmt.

In 100 ccm. — nach dem Trocknen bis zum konstanten Gewicht gefunden 1.0857 gr.

auf 6 l. berechnet 64.8 »

zusammen 2944.8 gr.

Auf 6.4 kg. Teer berechnet 46.01 %

¹ Dieser »Verlust« kann bedeutend verringert werden, wenn man die Unsigkeit nach jeder Schüttelung zwei bis drei Tage zur Klärung der beiden Schichten stehen lassen kann.

Die aus dem leichten Holzöl gewonnenen Kohlenwasserstoffe wurden destilliert. Sie siedeten zwischen 130° und 225° und wurden in 3 Fraktionen aufgefangen (weitere Behandlung siehe pag. 35).

Bei der Destillation der aus dem schweren Holzöl gewonnenen indifferenten Körper wurde *eine* Fraktion über 360° aufgefangen. Diese letzte Fraktion bildete eine zähe dicke Flüssigkeit, und da ich festes Paraffin darin vermutete, wurde ein Teil davon mit Stickstoffthermometer fraktioniert.

100 gr. wurden genommen.

Die ersten öligen Tropfen gingen bei 300° über. — Thermometer in Dampf.

In 9 Fraktionen aufgefangen:

Tab. IX.

I	300°	—	<u>$310^{\circ 1}$</u>	—	320°
II	320	—	<u>325</u>	—	330
III	330	—	<u>335</u>	—	338
IV	338	—	345		
V	345	—	<u>347</u>	—	<u>349</u> — 350°
VI	350	—	355		
VII	355	—	<u>363</u>	—	365
VIII	365	—	<u>372</u>		
IX	372		385		
X	Rest war stark braun gefärbt und ging nicht über.				

Die Fraktionen VIII und IX wurden fest bei Zimmertemperatur, und um etwas grössere Mengen von dem festen Produkt zu bekommen, wurden 500 gr. von derselben Fraktion (die über 360° siedende), destilliert und die letzte Fraktion zwischen 365° und 385° für sich aufgefangen. Auf Thonteller ausgebreitet und mit einigen Tropfen Alkohol übergossen, wurde sie von anhaftenden Ölen befreit. Es blieb eine weisse, weiche, paraffinähnliche Masse zurück. Dass ich es aber hier mit keinem Paraffin zu thun hatte, zeigte schon der Versuch, sie in Eisessig zu lösen. Während Paraffin auf heissem Eisessig schwimmt, wie eine ölige Schicht, löste sich dieser Körper glatt in Eisessig.

Durch wiederholtes Benetzen mit Alkohol erhielt ich auf dem Teller ein etwas weisseres und etwas schwach gefärbtes Produkt. Die beiden

¹ Die mehr konstanten Siedepunkte sind unterstrichen.

Schichten wurden voneinander getrennt, die weisse schmolz bei 85° , die andere bei 83° . Sie wurden 3 mal aus 80 % Alkohol umkrystallisiert, wobei ich weisse, perlmutterglänzende Blättchen erhielt.

Smp. 98.5° Sp. 394° .

Unlöslich nur in Wasser und wenig löslich in kaltem Alkohol. Entfärbt *nicht* verdünntes Bromwasser, also eine gesättigte Verbindung.

Analyse:

0.2008 Substanz bei 80° getrocknet, gaben 0.6791 CO_2 und 0.1380 H_2O .

Berechnet für $\text{C}_{18}\text{H}_{18}$	Gefunden.
C — 92.31	92.24
H — 7.69	7.64

Molekulargewichtsbestimmung. Methode der Siedepunktserhöhung nach Landsberger¹.

0.3522 gr. Substanz.

9.15 » Lösungsmittel (Äther) M .

konstanter Siedepunkt des Lösungsmittels 34.26°

» » mit Substanz 34.61

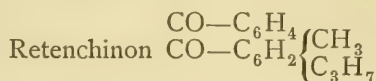
Erhöhung (d) 0.35

Formel $m = \frac{C. \text{subst.}}{d. M}$ C für Äther 21,1

$$M = \frac{21.1 \times 0.3522}{9.15 \times 0.35} = 232$$

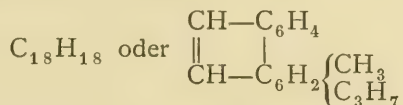
Berechnet 234 für $\text{C}_{18}\text{H}_{18}$

Bei der Oxydation mit Chromsäure in Eisessig entstand



Beim Kochen mit alkoholischer Pikrinsäurelösung entstand ein gelbes Pikrat vom Smp. 122° (Retenpikrat 123°).

Der Körper war also Reten



Der Procentgehalt von Reten im Teer konnte selbstverständlich nicht mit Genauigkeit festgesetzt werden. Die von mir erhaltenen Zahlen deuten auf einen Gehalt von 4—5 %.

¹ Berichte 1898 24 März.

Ester.

Die aus dem leichten Holzöl gewonnenen 640 gr. Kohlenwasserstoffe und indifferenten Körper wurden (wie pag. 33 erwähnt) destilliert und in drei Fraktionen aufgefangen.

Diese Fraktionen wurden auf ihren Estergehalt geprüft durch Verseifen mit alkoholischer Kalilauge:

Von den ersten Fraktionen wurden 5.02 gr. genommen und mit 25 ccm. alkoholischer Kalilauge, am Rückflusskühler gekocht 47.8

$$\frac{\text{Zurücktitriert mit 45.9 ccm.}}{1.9}$$

In Verseifungszahl umgerechnet:

$$\frac{0.028 \times 1.9 \times 1000}{5.02} = 10.58.$$

Die übrigen Fraktionen wurden auch verseift und gaben folgende Zahlen:

Tab. X.

Genommen		$\frac{n}{2}$ Kalilauge verbraucht	als Verseifungs- zahl angegeben ¹
aus leichten Holzölen gewonnen	1ste Fraktion gr. 5.02	1.9	10.58
aus leichten Holzölen gewonnen	2te » » 5.24	1.8	9.60
aus leichten Holzölen gewonnen	3te » » 5.336	1.8	9.5
aus schweren Holzölen gewonnen	Sp. zw. 170° und 360° gr. 5.16	1.7	9.2
aus schweren Holzölen gewonnen	Sp. über 360 » 5.55	1.4	7.0

¹ Man kann sich auch aus der Verseifungszahl ein approximatives Bild machen von der Grösse des Estergehalts, wenn man die Verseifungszahlen der im Holzteer meistens vorkommenden Ester, z. B. Methylpyrogallussäuredimethylester und andere mit den obigen Zahlen vergleicht.

Aus obigen Versuchen geht hervor, dass der Gehalt an Estern ein so geringer ist, dass die aus der Verseifung mit Kalilauge entstandenen Säuren nicht zu isolieren sind.

Dagegen wurde die Menge der nicht verseifbaren Körper in folgender Weise bestimmt:

10 gr. des Gemisches von indifferenten Körpern wurden in 50 ccm. alkoholischer Kalilauge am Rückflusskühler erhitzt und der Alkohol auf dem Wasserbade verjagt. Der Rückstand wurde mit Wasser versetzt und im Scheidetrichter mit Äther ausgeschüttelt nach dem Abdestillieren und Trocknen über Chlorcalcium bis zum konstanten Gewicht.

Gefunden 9,2 gr.

Die *wässrige* Lösung, welche die eventuell vorhandenen Säuren — resp. Ester — als Kalisalze enthalten musste, wurde angesäuert. Dabei trübte sich die Lösung. Die gefällten Säuren wurden mit Äther ausgenommen und hinterliessen nach dem Abdunsten und Trocknen nur 0.6 gr. eines dunklen, zähflüssigen, sauer reagierenden Öles.

Der Versuch wurde mit 120 gr. wiederholt, um etwas grössere Mengen von den rohen Säuren zu bekommen. Ich bekam 7.8 gr. welche nach dem Reinigen — Auflösen in Kalilauge und wieder Ausfällen, bis sie klarer und heller wurden — 4.0 gr. betrug.

Lassen wir ausser Acht die kleinen Mengen von Alkoholen, welche durch das Verseifen der Ester entstehen und von dem Äther mit aufgenommen werden, so kann man nach der Gleichung

$$120 : 4.0 = 100 : X$$

$$X = 3.2$$

annähernd berechnen, wie viel Ester in der Mischung vorhanden sind.

Vom Teil (2944.8 gr. indifferente Körper) auf das Ganze (6.4 kg. Teer) berechnet:

$$1.4 \% \text{ Ester im Teer.}^1$$

Trennung der Kohlenwasserstoffe in aromatische und aliphatische.

Um Aufschluss darüber zu erhalten, ob die dargestellten Kohlenwasserstoffe zum grössten Teil der aromatischen oder der aliphatischen Reihe angehören, wurde von der üblichen Methode der Sulfurierung Gebrauch gemacht.

¹ Man muss dabei nicht vergessen, dass ein Teil der vorhandenen Ester durch Schütteln mit Natronlauge bei der Gewinnung der Phenole verseift wurde und dabei verloren ging.

Im Voraus konnte man nicht wissen, wie leicht oder schwierig die Sulfurierung vor sich gehen würde, d. h. ob es zweckmässiger sei, unter Kühlung oder bei gewöhnlicher Temperatur zu sulfurieren. Ich musste deshalb, um eine richtige Mischung von Schwefelsäure und Monohydrat für die Einführung der Sulfogruppe zu erhalten, hierin versuchsweise vorgehen.

Nach einigen misslungenen Versuchen, wobei ich in Erfahrung brachte, dass sehr gute Kühlung beim Sulfurieren nötig sei, wurde folgender Weg eingeschlagen:

20 gr. rauchende Schwefelsäure (10 % Anhydridgehalt) wurden in Eis gut abgekühlt, und unter Umrühren mit einem Wittschen¹ Rührer 50 gr. des zu untersuchenden Gemisches (Kohlenwasserstoffe) tropfenweise zugegeben. Da bei solchen Vorsichtsmassregeln die Temperatur nicht über 15° stieg, wurde, nachdem alles eingetragen war, die Temperatur auf 50° gebracht, (durch Einstellen in heisses Wasser) und dann eine Stunde lang bei dieser Temperatur durch Umrühren mittels Turbine gut gemischt. Diese Lösung trug ich dann langsam ein in 1 l. Wasser, welches sich in einer Kältemischung (Eis und Kochsalz) befand. Die Sulfosäuren lösten sich teils, teils schieden sie sich als harte Klumpen aus, die beim Einstellen in heisses Wasser leicht eine dunkle, aber klare Lösung gaben, auf deren Oberfläche sich ölige Tropfen befanden. Nach dem Erkalten ätherte ich die Lösung zweimal mit viel Äther aus, und erhielt einen ätherischen Auszug von dunkelbrauner Farbe. Dieser Auszug konnte nun neben aliphatischen Kohlenwasserstoffen auch freie Sulfosäuren, gelöst, enthalten. Um diese zu entfernen, wurde die ätherische Lösung zuerst mit destilliertem Wasser ausgezogen. Letzteres färbte sich dunkelbraun, während die ätherische Lösung heller wurde. Um aber ganz sicher zu sein, dass alle Sulfosäuren aus dem Äther entfernt waren, wurde noch einmal mit verdünnter Sodalösung ausgeschüttelt und dieses so lange fortgesetzt, bis die alkalische Reaktion bestehen blieb. (Durch die vorhandenen freien Sulfosäuren und kleinen Spuren von Schwefelsäure wurde die verdünnte Sodalösung neutralisiert, bezw. das Gemisch sauer). Der ätherische Auszug wurde nach dem Verdunsten des Äthers getrocknet und gewogen.

Gefunden 10 gr.

eines klaren, dunklen, leichtflüssigen Öles.

Die wässrige Säurelösung wurde mit Bariumcarbonat gesättigt und auf dem Wasserbade sich selbst überlassen, bis sich alle Schwefelsäure

¹ von Prof. Witt construiert.

Tab. XI.
Übersicht über die in 4 Teersorten von verschiedener Abstammung enthaltenen wichtigsten Verbindungen.

	A		B	Buchenholztee aus Österreich		Böhmischer Fichtenteer
	Norwegischer Retortenteer aus Sägespänen von Nadelhölzern bereitet.		Meilerteer aus Gudbrandsdalen			
Wässrige Lösung ¹		4.45 %		5.0 %	7.2 % stark säurehaltig	3.7 %
Aceton ²	0.4 %		0.07 %			
Gesamt-Aldehyde und Ketone		0.8 %		0.5 %		
Essigsäure	0.36 %		0.37 %			
Gesamt. Fettsäuren	Nachgewiesen wurden:					
	Essigsäure Propionsäure Buttersäure Valeriansäure	3.69 %		1.78 %		
Guajacol und Kreosot	Kreosot ca. 20,00 %		³ Auf Kreosot nicht verarbeitet		Guajacol 10.5 %	Kreosot ca. 7.5 %
Gesamt-Phenole und Phenolderivate		44.7 %		21.5 %	41.0 %	17.0 %

Reten	Kein Reten gefunden	4—5 %	10.1 %	21.0 %	29.0 %
Pech		20.6 %			
Gesamt-Kohlenwasserstoffe und andere indifferente Körper		22.5 %	46.0 %	18.0 %	40.0 %
Ester					
Alkohole	Methylalkohol ca. 1.00 % Nachgewiesen wurde: Allylalkohol		1.4 %		

Stickstoffbasen wie Anilin, Chinolin, Pyridin, Pyrrol und andere sind in beiden Teersorten (A und B) *nicht vorhanden*.

Schwefelhaltige Verbindungen, wie z. B. Thiophen oder andere sind in beiden Teersorten (A und B) *nicht vorhanden*.

Ungesättigte Verbindungen (ausser Allylalkohol) machten sich durch Bromadditionsvermögen und Geruch kennbar.

Anmerkungen.

¹ Mit den in Tab. XI aufgeführten Wasserzahlen können noch die Zahlen, welche bei den trockenen Destillationen erhalten sind, verglichen werden.

A 2900 gr. Teer gaben 149 gr. wässrige Flüssigkeit = 5.1 %
 A 9600 „ „ „ 459 „ „ „ = 4.78 „
 B 6400 „ „ „ 320 „ „ „ = 5.0 „
 (vergl. pag. 16 und 9 und 27).

² Tab. XI zeigt einen grösseren Acetongehalt für Retortenteer, als für Meilernteer, was man schon nach der ersten Destillation erwarten konnte. Die Anfangstemperatur war nämlich 95° (vergl. pag. 10). Bei der Zubereitung von Teer in Meilern gehen die niedrig siedenden Körper meistens verloren.

³ Auf Kresot nicht verarbeitet, weil wenige Phenole darin enthalten, welche ihre Siedepunkte um 200° herum hatten.

als Bariumsulfat abgeschieden und abgesetzt hatte. Ich erhielt nach dem Abfiltrieren eine hellgelbe Lösung, welche eingedampft wurde. Bei genügender Konzentration zeigten sich schwach gelbgefärbte Krystalle, doch wurde, um Verluste zu vermeiden, die Lösung zum Trocken eingedampft. Ich erhielt

30 gr. des krystallinischen Bariumsalzes.

Die aus der ätherischen Lösung mit verdünntem Soda als Natriumsalze ausgeschüttelten Sulfosäuren wurden ebenfalls durch Eindampfen gewonnen; es war nur ein geringer Überschuss von Soda vorhanden, der nicht zu berücksichtigen war.

Gefunden 10 gr.

Die erhaltenen Barium- und Natriumsalze wurden nun noch als solche identifiziert. Ihre organische Natur wurde durch Verbrennen auf dem Platinblech festgestellt; ferner waren sie stark schwefelhaltig.

Das Öl, welches die von der Schwefelsäure nicht angegriffenen aliphatischen Kohlenwasserstoffe enthielten, zeigte nur Spuren von Schwefel, und ich glaube, dass bei der vorsichtigen Sulfurierung keine unangegriffenen aromatischen Kohlenwasserstoffe mehr darin enthalten sind. Man kann daher die Zahlen wenigstens annähernd als zuverlässig betrachten.

Die untersuchte Fraktion enthielt

20 % aliphatische Kohlenwasserstoffe

80 % aromatische —

Pech.

Der Rückstand der trockenen Destillationen (vergl. pag. 27) bestand aus einer glänzenden hartbrüchigen Masse von schwarzem Pech, die nach jeder Destillation losgehauen werden musste. Das Pech wurde gesammelt u. gewogen.

Gefunden 643 gr.

auf 6.4 kg. Teer berechnet . . . 10.1 %.

XI. Wasserbestimmung.

Nach der Methode von Lecoque (vergl. pag 22)

gefunden 5.0 % Wasser.

XII. Identitäts- und Farbenreaktionen.

Die für diesen Teer ausgeführten Identitäts- und Farbenreaktionen finden sich in Tab. VI pag. 24 (vergleiche übrigens pag. 23).

XIII. Schlussbemerkungen.

Eine Übersicht über die Zusammensetzung eines norwegischen Teers zu geben ist die Aufgabe dieser Arbeit. Ich habe daher Gewicht darauf gelegt, während der Arbeit die chemischen Verbindungen so viel wie möglich gegen Veränderungen zu schützen.

Durch Hitze, Luft und Licht werden nämlich die oft sehr leicht veränderlichen Körper im Teer oxydiert und gespalten. Ich habe deshalb, so weit es geht, unter möglichstem Ausschluss von Hitze, Luft und Licht gearbeitet; habe mir m. a. W. als Aufgabe gestellt, klarzulegen, welche Körper im Teer vorhanden sind, und nicht, welche Körper man aus dem Teer erhalten kann, welche beiden Fragen sich der Unbeständigkeit der Teerbestandteile wegen nicht miteinander decken.

Was die Zusammenstellung anbetrifft, kann hier und da das Aufgezeichnete als überflüssig aufgefasst werden, weil es für die Resultate keine direkte Anwendung gefunden hat. Ich hoffe aber durch diese Angaben Anhaltspunkte für die *weitere* Forschung gegeben zu haben, abgesehen davon, dass ich selbst die Absicht hege, die Untersuchungen über Holzteer weiter zu verfolgen. Ebenfalls habe ich geglaubt, dass die Beantwortung einiger praktischer Fragen z. B. »wie macht man den Teer als Teer praktisch brauchbarer«? — obwohl nicht direkt in den engeren Rahmen dieser Arbeit gehörend, doch von Interesse sein dürfte.

Früher glaubte man, dass bei der trocknen Destillation von Holz sich erst Acetylen bilde und später bei den höheren Temperaturen durch Polymerisation die grösseren Atomcomplexe. Dieser Auffassung wird in letzter Zeit widersprochen, wenigstens scheint es sicher zu sein, dass die aromatischen Verbindungen direkt gebildet werden. Wie das sich nun auch verhalten mag, interessant war es bei den vielen Manipulationen der vorliegenden Arbeit, zu beobachten, welche Veränderungen die Temperatur in den im Teer vorhandenen Körpern hervorrief. Sicher müsste man viele Körper, die jetzt fast nutzlos sind, durch Behandlung mit höheren (bezw. niedrigeren) Temperaturen, — z. B. Leiten

durch Röhren, deren Temperatur reguliert wird, in nützliche verwandeln können.

Wie man allmählich Übersicht bekommt über die in Holzteeren enthaltenen Verbindungen, und wie man zur Klarheit gelangt über die Entstehung der chemischen Produkte bei der Teerbildung, so wird man es auch mit der Zeit mehr und mehr in seine Gewalt bekommen, die erwünschten Körper in grösserer Ausbeute zu erhalten.

Inhalt.

	Pag
Einleitung	3
A. Holzteer aus Sägespänen	5
I. Fraktionierte Destillation	5
II. Destillation mit Wasserdampf	8
III. Destillation im Vacuum	9
IV. Chemische Trennung.	10
a. Aldehyde und Ketone.	10
1. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen (Aceton) im Wasser	10
2. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen im leichten Holzöl.	11
3. Bestimmung der Aldehyde und Ketone durch Ausschüttelung mit Natriumbisulfidlösung aus den leichten und schweren Holzölen.	12
b. Bestimmung der Fettsäuren	12
1. im Säurewasser.	13
2. in den leichten und schweren Holzölen	13
3. Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Capronsäure	13
c. Phenole und Phenolderivate	15
Kreosot	16
d. Kohlenwasserstoffe und andere indifferente Körper	19
Reten	19
Pech.	20
e. Alkohole	20
Methylalkohol.	20
Allylalkohol	21
V. Wasserbestimmung.	21
a. im geschlossenen Rohr	21
b. im Exsiccator nach Lecoque	22
VI. Identitäts- und Farbenreaktionen	23
VII. Verbesserung des Teers.	23
B. Teer in Meilern zubereitet (Gudbrandsdalen).	27
IX. Fraktionierte Destillation	27
X. Chemische Trennung.	28
a. Aldehyde und Ketone	28
1. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen (Aceton) in der vom leichten Holzöl abgetrennten Lösung	28
2. Bestimmung der jodoformbildenden Substanzen in der vom schweren Holzöl abgetrennten wässrigen Lösung	29

	Pag.
3. Bestimmung der Aldehyde und Ketone durch Ausschüttelung mit Natriumbisulfitlösung aus dem leichten und schweren Holzöl	30
b. Bestimmung der Fettsäuren	30
1. Im Säurewasser, welches mit den leichten Holzölen übergang (Titration)	30
2. Im Säurewasser, welches mit den schweren Holzölen übergang (Titration)	30
3. In den leichten und schweren Holzölen (Ausschüttelung) . .	30
c. Phenole und Phenolderivate	32
d. Kohlenwasserstoffe und andere indifferente Körper	32
Reten	34
Ester	35
Trennung der Kohlenwasserstoffe der aliphatischen und aromatischen Reihe	36
Pech	40
XI. Wasserbestimmung	40
XII. Identitäts und Farbenreaktionen	41
XIII. Schlussbemerkungen	41

Tabellen.

Tab. I	6
Tab. II—III IV	7
Tab. V	9
Tab. VI	24
Tab. VII.	25
Tab. VIII	28 29
Tab. IX	33
Tab. X	35
Tab. XI. Übersicht über die in 4 Teersorten enthaltenen wichtigsten Verbindungen	38 39

Isforholdene ved de norske indsjøer

Af

Andreas Holmsen

Med 12 plancher

og

Résumé français

Videnskabselskabets Skrifter. I. Matematisk-naturv. Klasse. 1901. No. 4

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Christiania

I kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers bogtrykkeri

1902

Fremlagt i Videnskabselskabets math.-naturv. Klasse i Mødet den 31te Mai 1901
ved Prof. Dr. H. Mohn.

Forord.

De 5 første kapitler af dette arbejde er indsendt til universitetet som besvarelse af en prisopgave og belønnet med h. k. h. kronprinsens guldmedalje. Prisopgaven var saalydende:

»Der ønskes samlet oplysninger om, til hvilken tid de norske indsjøer, særlig de større fryser til, og naar isen gaar op; dertil knyttes en diskussion om den indflydelse, som høiden over havet, veirliget, indsjøernes dybde eller andre faktorer har paa den tidligere eller sildigere islægning.«

For at afhandlingen skulde danne et mere afsluttet hele har jeg fundet det rigtigst at give den titelen: »Isforholdene ved de norske indsjøer«, og har derfor i det sidste kapitel ogsaa behandlet isens vekst og isløsningen. Dette kapitel er udenfor, hvad der er spurgt om i den udsatte prisopgave, og af den grund er det ikke indsendt til universitetets bedømmelse.

Jeg er flere tak skyldig for værdifuld hjælp under besvarelsen.

Først og fremst skylder jeg min chef, hr. kanaldirektor *G. Sætren*, stor tak. Den varme interesse, som hr. Sætren nærer for undersøgelsen af vort lands hydrologiske forhold, og den beredvillighed, hvormed han altid har staaet til tjeneste med sit udmerkede kjendskab til vore elve og indsjøer, har været en fortræffelig spore for mine hydrologiske undersøgelser.

Isærdeleshed vil jeg faa frembære min hjerteligste tak, fordi hr. kanaldirektøren, i forstaaelse af, hvilken nytte en undersøgelse af indsjøernes isforholde vilde kunne have for det praktiske liv, lod de mange forespørsler til folk udover landet udgaa som officielle skrivelser fra kanaldirektoriatet. Det vil være indlysende for enhver, hvilke fortrin en henvendelse under denne form vil have fremfor rent private forespørsler. Uden at have faaet adgang til det materiale, som paa

denne maade er indkommet, og til de mange oplysninger, som forøvrigt findes i kanalvæsenets arkiv, vilde en undersøgelse af isforholdene ved vore indsjøer neppe være lykkedes.

Dernæst vil jeg faa frembære min ærbødige tak til det norske universitets matematisk-naturvidenskabelige fakultet, fordi foreliggende opgave blev fremsat. Ideen til behandlingen af dette emne laa heri.

Videre en tak til det meteorologiske instituts bestyrer, hr. professor *Mohn*, og til institutets assistenter, særlig d'hr. *Feyn* og *Nissen*, for den beredvillige imødekommenhed, hvormed institutets observationsschemaer har været stillede til min raadighed.

Endvidere en tak til de mange, som velvilligst har meddelt mig data og andre værdifulde oplysninger; specielt tør jeg nævne dhr. professorer *Amund Helland* og *O. E. Schiøtz*, hr. overingeniør *Borchgrevink*, hr. distriktslæge *Printz*, samt hr. boghandler *Raabe*.

Tilsidst og ikke mindst en tak til cand. real. *Thekla R. Resvoll* for den interesse og hjælpsomhed, hun hele tiden har vist mit arbeide.

Kanaldirektoriet, Kristiania, december 1900.

Andreas Holmsen.

Indhold.

	Side.
Kapitel 1. Literaturoversigt	I
Kapitel 2. Hvorledes materialet til bedømmelse af tidspunktet for islægningen og isløsningen paa de norske indsjøer er indsamlet . . .	10
Kapitel 3. Opgave over, naar islægningen og isløsningen finder sted ved vore betydeligere indsjøer.	
I. Sjøer paa Østlandet	17
II. Indsjøer i Telemarken	66
III. Indsjøer i den sydligste del af landet	82
IV. Indsjøer paa Vestlandet	87
V. Indsjøer i det trondhjemske	98
VI. Indsjøer i Tromsø stift	106
Tabeller over den normale islægning og isløsning og over islægningen og isløsningen i 1898—99	114
Kapitel 4. Opvarmningen og afkølingen af en indsjø; temperaturforandringerne i samme	122
A. Den aarlige periode	123
B. Den daglige periode	134
Kapitel 5. De forskellige faktorer, hvoraf tidspunktet for islægningen er afhængigt	141
I. De meteorologiske elements forhold til islægningstidspunktet.	
A. Lufttemperaturen	142
B. Skydækket	175
C. Nedbøren	185
D. Vinden	189
II. De lokale forholds indflydelse paa islægningstidspunktet.	
A. Sjøens dyb	197
B. Andre lokale faktorer	211
1. Sjøens tillob	212
2. Strømme	215
3. Sjøens form og størrelse	218
4. Sjøens omgivelser	220
5. Nogle andre lokale faktorer	221
Islægningen paa kolde indsjøer	224

	Side.
Kapitel 6. Isens dannelse og vekst; isløsningen.	
1. Isens dannelse	227
2. Isens vekst	230
3. Isløsningen	235
I. De meteorologiske elementers forhold til isløsningstidspunktet.	
A. Lufttemperaturen	237
B. De øvrige meteorologiske elementer	244
II. Nogle faktorer, som ved siden af veirliget øver indflydelse paa isløsningstidspunktet	248
Isens tykkelse. Isens struktur. Sne paa isen. Andre fremmede legemer paa isen. Strømme. Kunstig opbrydning af isen.	
Résumé français	263

Kapitel 1.

Literaturoversigt.

I de senere aar er der fremkommet en betydelig literatur om indsjøerne. Vi finder arbeider fra næsten alle de europæiske lande, og fra de forenede stater er ogsaa leveret vægtige bidrag i saa henseende. Et af de spørgsmaal, som hyppigst findes behandlede, er temperaturforholdene. En mængde maalinge af temperaturer i sjøernes dyb og overflade er foretagne, og sammenhængende serier af maalinge findes beskrevne fra flere steder.

I den del af literaturen, som omhandler temperaturforholdene ved indsjøerne, er det imidlertid kun i faa arbeider, at isforholdene er særskilt behandlede. Vi finder vistnok i flere af arbeiderne det spørgsmaal belyst, hvorledes der kan opstaa is paa en indsjø; men vi savner beretninger om, hvorledes det aar om andet pleier at forholde sig med isen paa de forskjellige indsjøer. Tidspunktet paa aaret, naar isen lægger sig, og naar den gaar op, er kun angivet fra forholdsvis faa steder. Vi skal, forinden vi gaar over til at behandle disse forhold for vort eget lands vedkommende, i korthed omtale det væsentligste af, hvad hidindtil er fremkommet i literaturen angaaende isforholdene ved indsjøerne.

Fra Sverige findes fra 1870aarene tre afhandlinger over isforholdene paa de svenske indsjøer.

I *H. Hildebrandsson's*¹ arbeide behandles de iagttagelser af data over islægningen og isløsningen, som efter foranstaltning af landthushållningssällskaperna blev anstillede vinteren 1870—71 og indsendte til observatoriet i Upsala. Iagttagelserne var mange, idet de udgjorde et antal af 650 fra de forskjellige steder af landet, og af disse var 267 fuldstændige over saavel islægning som isløsning.

¹ *H. Hildebrand Hildebrandsson: Isförhållandena i Sverige vintern 1870—71, Upsala universitets årsskrift 1872.*

For at sammenligne beliggenheden af de steder, hvor isen laa lige længe det aar, blev der paa et kart over Sverige trukket kurver gennem de steder, hvor isen laa det samme antal dage. Disse kurver, som af forfatteren blev kaldt *equiglacialer*, var af stor regelmæssighed og viste sig at være væsentlig afhængige af de to faktorer: den geografiske bredde og afstanden fra havet. Kurven for 100 dages islægning, som var et minimum af islagte dage, fulgte saaledes Smaalands søndre grænse, og kurven for 260 dage, som var et maximum, fandtes i det nordligste af Torneå lapmark. Nærmere havet, saavel mod den norske grænse som mod den botniske bugt og Østersjøen, viste indsjørerne sig at have en kortere islægningstid end i de mere kontinentale egne.

Med hensyn til tidspunkterne for islægning og isløsning fremgaar det af det store antal iagttagelser, som findes trykt i Hildebrandssons afhandling, at samme hvert aar var temmelig forskjellige selv for nærliggende egne og saaledes maatte bero paa mere lokale aarsager som sjøernes størrelse, dybde, strøm o. s. v. For at udjevne disse lokale aarsager forsøgte forfatteren at beregne en midlere datum for mindre distrikter. Disse data findes afsatte paa et kart, og kurver gennem de egne, som havde samme islægningsdatum, giver saaledes en forestilling om, naar islægningen fandt sted.

Kurver gennem de egne, hvor isløsningen fandt sted paa samme datum, giver en forestilling om, hvorledes isløsningen det aar rykkede frem.

Foruden resultaterne af iagttagelserne af isforholdene i vinteren 1870—71 findes der ogsaa i Hildebrandssons afhandling en sammenstilling af ældre iagttagelser over, naar de svenske indsjøer lægger sig, og naar de gaar op. De længste serier herover er fra *Vesteråsfjorden* af *Mälaren*, hvor isløsningsdata aarlig er observerede siden 1712.

I *Cronvall's*¹ arbeide behandles væsentlig isforholdene i Sverige i vintrene 1871—72, 1872—73 efter det materiale, der tilveiebragtes ved de mange iagttagelser, som blev indsendte til Upsala universitets observatorium de nævnte aar.

Equiglacialer er i afhandlingen optegnede for hvert af de to aar, ligesom ogsaa kurver er optrukne gennem de distrikter, hvor datoen for islægning og isløsning var den samme.

I det store og hele taget viser Cronvalls kurver en lignende form og retning som Hildebrandssons, uagtet vinteren 1870—71 karakteriseres

¹ *A. I. A. Cronvall*: Isförhållandena i Sverige under vintrarna 1871—72 och 1872—73. Akademisk doctor-afhandling. Upsala 1875.

som »ualmindelig kold«, vinteren 1871—72 som »mildere« og vinteren 1872—73 som »usædvanlig mild«.

I afhandlingen meddeles ogsaa islægnings- og isløsningsdata for flere aar for enkelte sjøers vedkommende, og den gennemsnitlige datum for, naar islægningen og isløsningen pleier at foregaa, er for deres vedkommende udregnet.

Kurver gennem steder, hvor gennemsnitsdatoerne er de samme for islægningen og isløsningen efter flere aars iagttagelser, er optegnede i *Hildebrandssons* og *Rundlunds*¹ afhandling fra 1879. Equiglacialer findes ogsaa her optrukne.

I afhandlingen behandles under et isforholdene ved de svenske indsjøer efter det store antal iagttagelser, som er gjorte herom og indsendte til Upsala observatorium 1871—77. Datoerne er beregnede som gennemsnitlige data for disse 6 aar, og antal dage med is er ogsaa gennemsnitstallet for de samme aar. Da alle de enkelte aar har varieret ganske betydelig, faar man af disse tal og data en forestilling om, hvordan isforholdene pleier at arte sig.

Medens gennemsnitsdatoen for islægningen for de 6 aars vedkommende i det nordlige Sverige var 10de oktober, var den i Skaane 10de december. I det nordlige Sverige var islægningsdatoen betydelig senere ude ved kysten og i nærheden af den norske grænse. Medens sjøerne i det indre af Norrland islagdes i slutten af oktober og begyndelsen af november, foregik islægningen paa de sjøer, som ligger i grænsedistrikterne mod Ranen og Salten, ikke før 20de november, omtrent paa samme tidspunkt, som sjøerne i det centrale Sverige islagdes.

Tidspunktet, naar isløsningen gennemsnitlig foregik, varierede fra 28de mars — for sjøerne i det sydlige Skaane — til 22de juni for de høitliggende indsjøer, som ligger paa de østlige fjelde i Lapmarken.

I det sydlige Sverige foregik isløsningen omtrent samtidig paa de steder, som ligger under samme breddegrad; men i den nordlige del af landet foregik den betydelig før ved kysterne end inde i landet.

Den tid, indsjøerne gennemsnitlig var islagte de 6 aar, varierede fra omkring 90 dage for de sydligste til ca. 230 dage for de nordligste sjøers vedkommende. Den viste sig væsentlig som funktion af de to faktorer: den geografiske bredde og afstanden fra havet, saaledes, at de equiglacialer, som findes optrukne i Hildebrandssons og Rundlunds ar-

¹ *H. Hildebrand Hildebrandsson, C. A. Rundlund*: Prise et débâcle des lacs en Suède, automne 1871—printemps 1877. Upsala 1879.

beide, viser en meget regelmæssig form, idet de for hele det nordlige Sveriges vedkommende er næsten parallelle kurver, som fra et maximum i den centrale del af landet saavel i vest som øst løber op mod kysten og den norske grænse.

I det mellemste Sverige gaar kurverne i nordøstlig retning paa skraa fra den norske grænse til Østersjøen, saaledes, at de indsjøer, som ligger paa samme breddegrad, i det mellemste Sverige har en betydelig længere islægningstid ved den norske grænse end nærmere kysten.

I det sydligste Sverige havde indsjøerne et maximum af islægnings-tid sydøst for Vetteren, men forøvrigt løber equiglacialerne temmelig parallelle, bøiede sig efter kystlinjen.

I Hildebrandssons og Rundlunds arbeide er kurverne gennem de steder, som havde samme gennemsnitlige datum for islægning og isløsning, og equiglacialerne forlænget gennem de steder, hvor forholdene var lignende i *Finland*.

For dette lands vedkommende findes i det af det finske videnskabs-selskab udgivne «Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk» iblandt »de meteorologiske Anteckningar« nogle opgaver over isløsnings- og islægningsdatoer ved endel indsjøer.

Fra Finland haves ogsaa et par andre arbeider, hvori isforholdene findes behandlede. Saaledes har *Levänen*¹ i flere afhandlinger meddelt data for isløsning og islægning for en meget lang periode. Fra *Kumolven* haves saaledes sammenhængende iagttagelser af isløsningen fra 1794—1888.

Paa grundlag af iagttagelserne er udregnet gennemsnitsdatum for, naar islægning og isløsning indtræder, ligesom ogsaa spørgsmaalet, om sekulære forandringer kan paavises i denne henseende, er behandlet.

*Heinrichs*² har gjort sne- og isforholdene i Finland i vinteren 1891—92 til gjenstand for behandling i en egen afhandling.

Den største del af arbeidet omhandler, hvorledes det var med sneforholdene nævnte vinter. Men der er ogsaa meddelt mange data over islægningen og isløsningen. Saavel islægnings- og isløsnings-data fra det rindende og stillestaende ferskvand som ogsaa fra havvandet ved Finlands kyst findes anførte. I arbeidet er nærmere behandlet, hvorledes veirforholdene havde indflydelse paa isforholdene ved kysten den vinter. Iagttagelser over isens vækst paa flere finske sjøer findes anførte.

¹ Fennia I 1889 nr. 8 og 9 og III 1890 nr. 10.

² Axel Heinrichs: Snö- och isförhållandena i Finland vintern 1891—92. Akademisk doktorafthandling, Helsingfors 1893.

I Heinrichs's arbeide er omtalt, at islægning og isløsning har været gjenstand for iagttagelser gjennem en aarrække ved flere russiske sjøer og floder. De fleste af disse data er meddelte i *Vesselovskys* arbeide over Ruslands klima.

Den betydeligste literatur angaaende isforholdene ved indsjøerne har man fra Schweiz.

Forel har flere gange behandlet dette emne. Foruden den mere teoretiske behandling af spørgsmaalet om temperaturforholdene i en indsjø, naar denne fryser til, hvilket findes behandlet i flere af Forels arbeider¹, er af samme forfatter særskilt behandlet isforholdene paa schweizer-indsjøerne for to vintres vedkommende, nemlig aarene 1879—80² og 1890—91³. I disse vintre, som betegnes som meget strenge, fandt nemlig en efter schweiziske forhold sterk islægning sted. Termometret viste i Genf i 1880 i løbet af 98 dage en lavere temperatur end 0°, og af disse var der 56 dage, da maximumstermometeret ikke kom høiere end 0°.

I 1891 viste termometeret sammesteds 118 dage en lavere temperatur end 0°, og 46 dage kom temperaturen ikke høiere op end til 0°.

Forel udskiller i sine sidstnævnte arbeider følgende faser under tilisningen af en sjø:

1. Islægningen begynder at finde sted.
2. Sjøen er helt islagt.
3. Den begynder at gaa op.
4. Sjøen er bleven helt fri for is.

Efter i sin almindelighed at have behandlet, hvordan temperaturforholdene i sjøer er under disse forskjellige faser, meddeles mere specielt, hvordan isforholdene var de nævnte vintre ved flere af indsjøerne i Schweiz og Savoyen. Man ser heraf, at flere af schweizersjøerne har været islagte begge aar. For flere sjøers vedkommende, f. ex. Genfersjøen og

¹ «La température des lacs gélés». Compt. rend. B. 90. Paris 1880.

»Sur l'inclination des couches isothermes, dans les eaux profondes du lac Léman«. Compt. rend. 102. Paris 1886.

»La température des eaux profondes du lac Léman«. Compt. rend. B. 103. Paris 1886.

»La faune profonde des lacs suisses«. Neue Denkschriften der allgemeinen Gesellschaft für die Naturwissenschaften. B. XXIX. Zürich 1885.

»Die Temperatur-Verh. des Bodensees«. Schriften d. Ver. f. Geschichte des Bodensees. XXII.

² La congélation des lacs suisses et savoyards pendant l'hiver 1879—80, Echo des Alpes XVI 94 et 149. Genève 1880.

Températures lacustres S. IV, Arch. des sc. ph. et nat. Genève 1880.

³ La congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891. Archives des sciences physiques et naturelles. B. 27. Genève 1892.

Bodensjøen, har islægningen kun fundet sted paa enkelte dele af sjøen, medens andre sjøer, f. ex. Lac d'Annecy (beliggende 443 m. o. h.), har været helt islagte. Paa sidstnævnte sjø laa isen saavel vinteren 1879—80 som 1890—91.

Der meddeles ogsaa i Forels afhandlinger data for islægning og isløsning for en række aar ved flere schweizersjøer. Flere af dem, som er beliggende høit over havet, er aarlig islagte. Lac de Jaux (1008 m. o. h.) var saaledes f. ex. islagt i 146 dage i 1891, idet islægningen helt foregik 8de decbr. og isløsningen ikke før 2den—3die mai.

Om islægningen paa store Bernhardsjøen (2446 m. o. h.) meddeles 42 aars iagttagelser, og den gjennemsnitlige datum for islægningen er 20de oktbr. Ved samme sjø meddeles 40 aars iagttagelser over isløsningen, som gjennemsnitlig har foregaaet 12te juli. Følgelig pleier sjøen at være islagt 257 dage af aaret.

En liden alpesjø, Lac de Sils (Engadin, 1796 m. o. h.), har gjennemsnittsdata for islægning og isløsning 18de decbr. og 23de mai.

Zürichersjøen (409 m. o. h.), som i 1890—91 var islagt i noget over 2 maaneder, sees i dette aarhundrede at have været helt tilfrossen følgende aar: 1810, 30, 57, 80 og 91.

Forels afhandling fra 1892 slutter med en resumarisk sammenstillen af isforholdene ved en række sjøer i 1890—91. For hver enkelt sjø findes angivet den geografiske bredde, høiden over havet, overfladens størrelse samt det maximale dyb.

For en sjøs vedkommende, Genfersjøen, er islægningen nøiere studeret, og hvad man herom har iagttaget, findes behandlet i et afsnit i Forels fortrinlige monografi *Le Léman*¹. Denne sjø hører til den type af indsjøer, hvor temperaturen over den centrale del aldrig naar lavere end til temp. for vandets maximum af tæthed. Derfor har det aldrig hændt, at der har lagt sig is over de dybeste steder. Kun paa enkelte vikar og ved kysterne har isdannelse fundet sted.

Forel giver forklaring paa, hvordan stillingen af vandlagene af forskjellig temperatur kan etableres, saaledes, at de grundere vikar og arme i de strængeste vintre kan islægges, uagtet vandet over de dybere partier ikke har naaet lavere ned end til 4°.

I literaturen er omtalt et arbeide fra 1897 af *Arnet*². I dette skal findes talrige data over islægning og isløsning ved flere schweiziske indsjøer. Man har imidlertid ikke havt anledning til at se dette arbeide, hvorfor det her ikke kan nærmere refereres.

¹ *Le Léman*, Monographie limnologique. Lausanne 1895. B. II, p. 371.

² *Arnet*: Das Gefrieren der Seen in der Centralschweiz 1890—96.

I den franske literatur har isforholdene ved indsjøerne faaet sig til-
delt et eget afsnit i *Delebecque's* store arbeide¹. Her omtales ikke,
hvorledes og til hvilken tid isen aar om andet pleier at udvikle sig paa
de franske indsjøer; men flere iagttagelser over temperaturen i sjøer,
som er ifærd med at islægge sig, meddeles.

De fleste franske indsjøer har om vinteren en temperatur, som er
lavere end den, ved hvilken vandet har sit maximum af tæthed, og
derfor finder paa de fleste sjøer undertiden islægning sted. De lavere
liggende er kun i meget strenge vintre helt tilfrosne, medens det jevnlig
hænder, at der lægger sig is ved bredderne. Saaledes har f. ex. lac
d'Annecy — som allerede nævnt under behandlingen af den schweiziske
literatur om dette emne — i den sidste halvdel af dette aarhundrede kun
været helt tilfrossen vintrene 1879—80 og 1890—91.

De høiere liggende fjeldsjøer er derimod aarlig slagte, og de i
Alperne og Pyrenæerne høiest liggende sjøer kan man endog midtsom-
mers finde helt belagte med is. *Lac de Miquelon* (2267 m. o. h.) i
Pyrenæerne var f. ex. islagt 7de juli 1894.

I den literatur, som findes om temperaturforholdene ved indsjøerne
i Storbritannien, har ikke spørgsmaalet om islægningen været behandlet i
Mill's betydelige arbeider².

Derimod har *Y. Buchanan*³ i en afhandling mere i sin almindelighed
behandlet spørgsmaalet om temperaturens udvikling i en indsjø, som
fryser til. Forfatteren omtaler iagttagelser herom fra Loch Lomond og
et par andre skotske sjøer.

Fra de forenede stater haves flere arbeider om temperaturforholdene
i indsjøerne⁴.

I en afhandling af *F. Gerald*⁵ omtales ganske vidtløftig de resul-
tater, som man er kommet til ved iagttagelser over dette emne. Den
største plads i Gerald's arbeide har imidlertid temperaturforholdene i
dybet faaet; kun ganske kortelig behandles overfladetemperaturen. I
afsnittet om sidstnævnte finder man enkelte spredte iagttagelser af ud-

¹ *André Delebecque*: Les lacs français, p. 167.

² *Dr. Robert Mill*: *Clyde Sea Area*, Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh. B. XXXVI og XXXVIII. — *Bathymetrical Survey of the English Lakes*. Geogr. Journal. Vol. VI. 1895.

³ *On the Freezing of Lakes*, Nature XIX, London 1879.

⁴ *John Le Conte*: Physical Studies of Lake Tahoe, Overland Monthly. 2d series. Vol. 2. 1893. — *I. C. Russel*: Lakes of North America. Boston 1895.

⁵ The Temperature of Lakes. American Society of Civil Engineers. Transactions, Vol. XXXIV. August 1895.

viklingen af isforholdene paa flere sjøer; men et arbejde, som giver en almindelig oversigt over isforholdene ved de mange betydelige indsjøer i Amerika, savnes endnu.

Fra Rusland haves ogsaa limnologisk litteratur fra de sidste aar. I en afhandling af *Anutschin*¹ findes iagttagelser angaaende temperaturforholdene i flere indsjøer. *Rykatschew* skal i et arbejde have behandlet isforholdene ved de russiske floder; men man har ikke havt anledning til at studere dette arbejde.

I den tyske og østerrigske limnologiske litteratur, som i de senere aar har udviklet sig meget raskt, er det kun i faa verker, man finder isforholdene særskilt behandlede. Et arbejde, som giver oversigt over, hvordan det i sin almindelighed pleier at være med islægningen og isløsningen paa de forskellige sjøer i de tyske lande, foreligger ikke.

Derimod findes i flere af de afhandlinger, som mere angaar temperaturforholdene², en nærmere drøftelse af spørgsmaalet om, hvorledes disse forhold maa være i en sjø, forat isdannelse skal finde sted. Enkelte iagttagelser herover er ogsaa flere andre steder meddelte.

Geistbeck har i sin »Die Seen der deutschen Alpen« tildelt »*die Eisverhältnisse*« et lidet afsnit. Der udvikles kortelig, hvorledes afkjølingen om høsten pleier at foregaa i en sjø, og der omtales, hvorledes temperaturen i et temmelig dybt lag ofte gaar ned til under temperaturen for vandets maximum af tæthed, førend sjøen fryser til. Dernæst omtales nogle træk af den fysiske proces, hvorunder isdannelsen sker, og

¹ *Dr Anutschin*: Die neueste Erforschung der Seen in Europa und einige neue Data über Seen der Gouvernements Twer, Pskow und Smolensk. Moskva 1895.

² Af tyske arbejder, hvor temperaturforholde i indsjøer er behandlede, maa nævnes:

A. Geistbeck: Die Seen der deutschen Alpen. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig. 1884.

Grissinger: Untersuchungen über die Tiefen und Temperaturverhältnisse des Weissees in Kärnten. (Pet. Mitteil. 1893).

W. Halbfass: Tiefen und Temperaturverhältnisse einiger Seen des Lechgebietes. (Pet. Mitteil. 1895).

E. Richter: Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. (Verhandl. des 9 deutschen Geographentages zu Wien). Berlin 1891.

E. Richter: Seestudien. Geogr. Abhandl. herausgeb. von Penck. B. VI, Heft 2. Wien 1897.

R. Langenbeck: Über die Bildung der Sprungschicht in den Seen. (Pet. Mitteil. 1893).

Hergesell, Langenbeck og Rudolph: Die Seen der Südvogesen. (Geogr. Abhandl. aus den Reichsländern Elsass-Lothringen, Heft 1. Stuttgart 1892).

J. Müllner: Die Temperaturverhältnisse der Seen des Salzkammergutes. (Geogr. Abhandl. herausgeb. von Penck. B. VI, Heft 1).

W. Ule: Die Temperaturverhältnisse in den baltischen Seen. (Verhandl. d. 10 deutschen Geographentages zu Stuttgart). Berlin 1893.

W. Ule: Beitrag zur physischen Erforschung der baltischen Seen. (Vorsch. z. deutschen Landes- und Volkskunde. XI, 2). Stuttgart 1898.

en del iagttagelser angaaende isdannelsen paa endel indsjøer meddeles. Angaaende isdækkets beskaffenhed samt isens farve og tykkelse er ogsaa meddelt enkelte iagttagelser. I slutten af afsnittet forsøger forfatteren at klassificere indsjøerne efter, hvorledes det pleier at være med deres isforhold og nævner nogle eksempler paa de forskellige typer.

I *Richter's* »Temperaturverhältnisse der Alpenseen« omtales med nogle ord undersøgelser over temperaturforholdene i en sø, som islægges, ligesom der ogsaa paavises, at der finder nogen opvarmning sted i en sø under et isdække.

Et bidrag til forstaaelsen af, hvordan isen udvikles paa indsjøerne, giver *Richter* ogsaa i sine »Seestudien«, hvor der findes et afsnit: *Gefrieren und Aufthauen*¹. I dette meddeles fra Wörthersee en række temperaturer i overfladen, i 0,5 m.'s dyb og i større dyb. Disse, som regelmæssig flere gange daglig er observerede i løbet af et længere tidsrum, giver et godt indblik i, hvorledes temperaturen synker i indsjøerne, indtil isdannelse finder sted. Det fremgaar, at temperaturen har været betydelig lavere end den for vandets maximum af tæthed i mange meters dyb, førend der dannedes is. Det merkelige faktum, som forøvrigt ogsaa omtales af Forel m. fl., at man aldrig har konstateret en temperatur af 0° i overfladen paa en sø, som er ifærd med at fryse til, men altid har fundet temperaturen høiere, op til 2°, nævnes ogsaa og omtales som et hidtil uopklaret fænomen.

I *Hergesell* og *Langenbeck's*² afhandling »Die Seen der Südvogesen« findes ogsaa en række iagttagelser over overfladetemperaturen, som viser, hvorledes temperaturen udvikler sig, til sjøen fryser til.

I en notis af *Seeland*³ omtales isforholdene ved Wörthersee, der pleier at være islagt hvert aar. Gjennemsnittsdatoerne for islægning og isløsning er 13de januar og 28de mars. Den største bemærkede istykkelse er 0,73 m.

¹ l. c. pag. 44.

² l. c.

³ *Seeland*: Temperatur und Eisverhältnisse des Wörthersees. Meteorologische Zeitschrift. 1892. S. 272.

Kapitel 2.

Hvorledes materialet til bedømmelse af tidspunktet for islægningen og isløsningen paa de norske indsjøer er indsamlet.

I vort land har aldrig isforholdene ved indsjøerne været gjenstand for nogen særskilt behandling eller undersøgelse. De eneste optegnelser, man kan finde om disse forhold, er enkelte spredte notiser i de topografiske beskrivelser. I det følgende vil anføres, hvad man leilighedsvis finder herom i *Strøm's*, *Wille's*, *Fessen's* m. fleres beskrivelser, i de hidtil udkomne amtsbeskrivelser af »Norges land og folk« samt i et par andre skrifter.

Paa de observationsschemaer, som fra de meteorologiske stationer er indsendte til institutet, findes data over islægningen og isløsningen antegnet for et par sjøers vedkommende.

Flere optegnelser af denne art findes paa de schemaer, som er indsendte fra de mange i de sidste aar oprettede nedbørsstationer.

I kanalvæsenets vandstandsboøger findes regelmæssig islægning- og isløsningsdata anførte i en række aar for et par sjøers vedkommende, og en del spredte optegnelser udenfor disse findes ogsaa sammesteds.

Dette materiale, som er indhentet fra optegnelserne i det meteorologiske institut og i kanalvæsenets arkiver, er dog ikke saa stort, at det paa langt nær vilde give nogen oversigt over, naar de norske indsjøer pleier at fryse til og at gaa op.

Man har derfor været henvist til for de fleste indsjøers vedkommende gennem korrespondence at faa indhentet de fornødne oplysninger. Man har henvendt sig til samtlige direktioner for indsjødampskibene i landet og gennem skibsjournalerne faaet rede paa, naar farten er blevet stanset af is om høsten, og naar den har kunnet begynde om vaaren. Man har videre henvendt sig til lensmænd og ordførere for at faa rede paa disse ting, og særlig forespurgt, om der i bygden skulde findes noteret islægning- og isløsningsdata i almanakker eller i lignende optegnelser. Videre har man ogsaa henvendt sig til flere andre, som kunde antages at have rede paa disse ting.

For de fleste betydeligere indsjøer har man paa denne maade faaet oplysninger, og for fleres vedkommende er det ogsaa lykkedes at faa opgivet data for en række aar.

Nøiagtig at angive en enkelt bestemt datum for islægningen paa en større indsjø og særlig paa de norske indsjøer, som gjerne pleier at have saa stor udstrækning i en retning, lader sig i regelen neppe gjøre; thi som oftest foregaar islægning paa disse i løbet af et længere tidsrum. Men ved mindre sjøer hænder det derimod ofte, at de lægger sig i løbet af kort tid og da helst om natten.

Ligesom *Forel* flere steder¹ har gjort opmærksom paa, og som *Delebecque*² omtaler, har man ogsaa fra vort land nok af eksempler paa, at indsjøer, som har havt en overfladetemperatur nær frysepunktet, pludselig paa en nat har været islagte. Det store varmetab ved udstråling, som kan finde sted i klare høstnætter, bevirker en enorm afkøling, og dette kan være aarsagen til, at islægningen kan foregaa saaledes. Naar det derfor flere steder i de optegnelser, som findes i de meteorologiske schemaer heder: »Inat frøs der is paa alle mindre sjøer og tjern her«, medfører dette visselig rigtighed. Af de større indsjøer kan ogsaa store dele blive islagte paa en nat. Fra Fæmunden har man saaledes for eksempel fra 1896 følgende optegnelse:

3die december: » $\frac{3}{4}$ af Fæmunden lagde sig inat« og fra 14de december s. aar: »resten af Fæmunden lagde sig inat.«

Det er især tilfældet ved de høiere liggende sjøer, hvor temperaturen er lavere, og hvor skydækket ofte ogsaa er mindre udbredt.

Undertiden kan en indsjø afkøles saa sterkt ved at afgive varme til at smelte den sne, som efter et større snefald er tilført sjøen, at store partier af den bliver islagt paa en kort tid.

Ser man derimod hen paa en sjø som Mjøsen, vil man finde, at den nordligste del fra Lillehammer og sydover et stykke gjerne pleier at fryse til i slutten af november. Ved juletider pleier det oftest at være is sydover til Ringsaker, medens der paa det bredeste parti af sjøen oftest ikke lægger sig is før over midten af januar. At anføre en bestemt islægningsdatum for Mjøsen lader sig saaledes ikke gjøre.

Man kunde muligens som islægningsdatum alene anføre den dag, den sidste rest af indsjøen lagde sig; men dette fordrede observationer fra mange steder ved sjøen, idet man uden saadanne ikke kan være sikker paa, hvor sjøen sidst lægger sig, og desuden vil det neppe

¹ Congélation des lacssuisses et savoyards pendant l'hiver 1891, p. 51.. Le Léman II, p. 371.

² Les lacs français p. 168.

give en helt ud rigtig fremstilling af forholdene, idet lokale aarsager, som strømme o. l. fænomener, kan bevirke, at enkelte steder er aabne, uagtet indsjøen forlængst ellers har islagt sig. Man har saaledes ved Fæmunden langt ud i januar maaned iagttaget aabent vand i et sund, uagtet sjøen ellers var helt islagt allerede i december.

Ved mindre tjern selv i et saa strengt klima som ved Røros kan ofte iagttages »varmhul«, hvor der er aabent vand midtvinters; men det er indlysende, at det vilde være aldeles urigtigt at angive islægningsdatoen for vedkommende tjern den dag, der frøs is paa vedkommende sted.

Man har derfor her foretrukket at angive forskellige islægningsdata for forskellige dele af sjøen, hvor saadanne iagttagelser har været forhaanden. Dette er tilfældet ved flere af de dybeste og største lavtliggende indsjøer paa Østlandet. Der, hvor iagttagelser fra flere steder af indsjøen ikke har været forhaanden, findes flere steder angivet en bestemt datum for hele sjøen. Disse data er ikke altid at tage saa bestemt, som de opføres; men de maa ved større indsjøer forstaaes saadan, at den del af sjøen, som er synlig fra vedkommende observationssted, har islagt sig paa den nævnte datum. Ved de mindre sjøer maa det derimod oftest være saadan at forstaa, at hele sjøen har lagt sig paa det anførte tidspunkt.

Fra nogle af vore større indsjøer er det ikke lykkedes at faa opgivet bestemte data for islægningen, idet saadanne aldrig har været gjenstand for notering. Man har derfor maattet henvende sig til lokalkjendte folk for skjønsmæssig at faa opgivet, naar vedkommende sjø pleier at islægge sig. Af sagens natur følger, at et saadant skjøn aldrig vil blive saa paalideligt, som naar man har sikre observationer forhaanden og kan udregne gennemsnittet. Men man bør erindre, at tilisningen af de større indsjøer spiller en saa betydelig rolle i de omkringboendes daglige liv og bedrift, at det gjerne er af de ting, som lægges merke til. Det experiment at tilskrive flere lokalkjendte mænd ved samme indsjø og udæske erklæring om, naar de anser islægningen paa vedkommende sjø for at pleie at finde sted, er prøvet; svarene har i de aller fleste tilfælde vist sig at stemme godt overens.

Et eksempel herpaa er optegnelser fra Møsvatn i Telemarken. Lensmanden i Rauland opgiver i en skrivelse fra 1898, at lokalkjendte folk har berettet ham, at islægningen paa nævnte vand pleier at foregaa 1 maaned à 6 uger før jul, og at isløsningen pleier at finde sted 14 dages tid før St. Hans.

I *Wille's »Sellejords beskrivelse«*¹ heder det: »Den græsselige Kuld, der staar fra Sne-Fjeldene i Nord og Nordvest, hvilke kaldes

¹ *H. J. Wille*: Beskrivelse over Sellejord Præstegæld, Kjøbenhavn 1786, p. 13.

Vidden, gjør at Mjøsvatnet tilfryser 6 Uger før Jul og gemenligen op-toer 14 Dage før St. Hansdag.«

Videre kan ogsaa eksempelvis nævnes, at man har faaet opgivet, naar Bygdin pleier at islægge sig, baade fra lensmanden i Vang og lensmanden i Østre Slidre. Begge opgivelser stemmer overens.

Meddelelser fra lensmanden i Rendalen og meddelelser fra Diset i Aamot stemmer begge overens i, at islægningen af Storsjøen pleier at finde sted i de sidste dage af januar maaned eller de første dage af februar, o. s. v.

Saadanne meddelelser om, at islægning »pleier almindeligvis« at finde sted paa et opgivet tidspunkt, kan saaledes ikke siges at være uden nogensomhelst værdi. For en undersøgelse som denne har de alligevel sin betydning som midler til at bibringe en rigtig forestilling om isforholdene ved de flest mulige af vore sjøer, selv om man selvfølgelig kunde ønske tidspunkterne mere begrundede gennem en række data.

Om der ikke findes saadant materiale, at vi med absolut nøiagtighed kan angive bestemte data for islægningen paa alle vore indsjøer, saa er det dog lykkedes efter det her meddelte materiale at faa rede paa det omtrentlige tidspunkt, naar denne pleier at finde sted ved næsten alle vore betydeligere indsjøer.

Hvis vi udregner gjennemsnittsdata for islægningen for de sjøer, hvorfra flere aars iagttagne data haves, saa vil vi for flere sjøers vedkommende, hvor der aar om andet ikke er stor variation i den iagttagne datum, og hvor vi har en række aars iagttagelser, komme sandsynligheden for en rigtig normaldatum meget nær. Mindre sterke tilnærmelser til den rigtige datum har selvfølgelig de udregnede gjennemsnittsdata, som grunder sig alene paa faa aars iagttagelser, og som er udregnede for de sjøers vedkommende, hvor tidspunktet aar om andet kan variere betydelig.

At sammenligne islægningstidspunktet for nærliggende sjøer og deraf at drage slutninger om, naar sjøen pleier at lægge sig, kan i regelen ikke gjøres. Islægningen vil, som vi i det følgende skal se, bero saa meget paa lokale aarsager, paa sjøens dybdeforhold o. s. v., at saadanne sammenligninger i regelen vil føre til meget usikre slutninger. Vi vil saaledes f. ex. se, at medens et vand som Fiskumvatn pleier at være islagt mange uger hver vinter, saa er den i samme niveau liggende Ekernsjo i regelen aaben. Storsjøen i Rendalen lægger sig omkring 1ste februar, men den nogle km. nordenfor og kun nogle faa m. høiere liggende Lomnæssjø pleier at fryse til i første halvdel af november o. s. v.

Det rigtigste maa saaledes være i definitionen af normaltidspunktet for islægning kun at tage hensyn til forholdene i sjøen selv og angive samme som en gennemsnitlig datum for en række observerede aar.

Hvad angaar tidspunktet for isløsningen om vaaren, gjælder ogsaa i det væsentligste, hvad ovenfor er sagt; men isløsningen er dog af en noget anden art end islægningen. Vore større sjøer isløses nemlig i regelen i løbet af en langt kortere tid, end den, som gaar med til at islægningen bliver tilendebragt.

Mjøsen f. ex. pleier, naar den er helt islagt, at gaa op i slutten af april, og allerede i den første halvdel af mai er den helt aaben. Randsfjorden pleier i regelen ikke at bruge mere end nogle dage for helt at gaa op. Fæmunden blev 9de juni 1898 iagttaget at gaa op over hele sin længde. Kun enkelte vikar var gaaet op før.

Isløsningen vil nemlig ofte ske under sterk vind, og da pleier endog de største indsjøer at gaa op over store strækninger paa en gang. Det er saaledes i regelen lettere at angive tidspunktet for isløsningen for hele sjøen. De isløsningsdata, som er meddelte fra iagttagere ved ét sted ved sjøen, kan følgelig bedre antages at være gjældende for hele sjøen, end de data, som er noterede for islægningen.

Da der desuden for isløsningens vedkommende haves et større antal optegnede data end for islægningens, og da tidspunktet for denne, som nedenfor vil sees, aar om andet ikke pleier at variere saa meget som for islægningen, kan det muligens være, at de udregnede gennemsnitsdata for isløsningen vil vise sig at komme det virkelige forhold noget nærmere end de udregnede data for islægningen.

Vi vil definere normaldata for islægning og isløsning som de data, der er gennemsnittet af en række aars observationer.

For de sjøers vedkommende, som pleier at islægges hvert aar, er det, hvor tilstrækkelige observationer haves, let nok at angive normaldata. Anderledes er det med de sjøer, som ikke islægges hvert aar. For disses vedkommende er det ikke saa let at angive de normale tidspunkter for islægningen og isløsningen, saaledes at man faar en rigtig forestilling om, hvad der pleier at være det normale.

Nogle indsjøer pleier under normale forhold ikke at fryse til.

Suldalsvatnet f. ex. har ikke været tilfrosset mere end 2 à 3 gange under usædvanlig strenge vintre i hele aarhundredet, og det er saaledes klart, at vandet normalt ikke islægges.

Om Lundevatnet i Sira vides, at det i løbet af det sidste halve aarhundrede kun har været islagt i 3 usedvanlig strenge vintre. Lundevatnet maa saaledes ogsaa siges under normale omstændigheder at være aabent hele vinteren.

Foruden de to nævnte vande paa Vestlandet skal vi senere omtale nogle andre, som under normale forhold heller ikke pleier at islægges.

Anderledes er det med indsjøer af samme type som f. ex. Hornindalsvatn. For dette vand haves iagttagelser af isforholdene i 18 aar. Af disse 18 aar har vandet været helt islagt 6 aar, eller med andre ord hvert 3die aar. Nu kan man ikke sige, at hvert 3die aar er unormale aar, og at vandet normalt ikke islægges. Man maa ved angivelsen af normale data for islægning og isløsning tage hensyn saavel til de aar, da der har været is, som til dem, da der ikke har været is. Den gennemsnitlige islægningsdatum for de iagttagne 6 aar, da vandet var islagt i observationsrækken, er 24de januar, og den gennemsnitlige isløsningsdatum er 28de april. Men disse data giver ikke en rigtig forestilling om de normale isforhold paa Hornindalsvatnet; man maa ogsaa i betegnelsen af det normale tage hensyn til, at vandet pleier at være aabent. Det kan man gjøre paa følgende maade: Fra 24de jan. til 28de april er 93 dage. De aar, vandet er tilfrosset, pleier følgende isen at ligge 93 dage. Nu er vandet gennemsnitlig kun islagt 3diehvert aar, og saaledes bliver antallet af dage med islagt vand udregnet som gennemsnit for alle aar 31 dage. Det normale antal dage, i hvilke isen ligger, maa følgende blive 31 dage. Udskydes islægningen til et tidspunkt, som ligger lige langt fremmenfor 24de jan., islægningsdatoerne for de aar, vandet har været islagt, som isløsningen om vaaren lægges tilbage til et tidspunkt før 28de april, gennemsnitsdatoen for isløsningen, faaes tidspunkterne: 24de febr. og 27de mars, som vi kan betegne som de normale data for islægning og isløsning. Disse data har neppe nogen reel betydning; thi i virkeligheden vil ikke vandet islægges sa sent som 24de febr. Det seneste tidspunkt, Hornindalsvatnet vides at have islagt sig paa, er 14de febr., og hvis vandet ikke er islagt før, saa vil i regelen ikke betingelser for, at det kan islægges, være tilstede det aar, ligesom det sandsynligvis aldrig vil indtræffe, at vandet, naar det er helt islagt, vil gaa op saa tidligt som 27de mars. Men her, hvor det gjælder at sammenligne, maa vi regne med det gennemsnitlige, det som viser sig at være tilfældet gennem længere tids iagttagelser, og for at faa den rigtige forestilling herom, maa vi danne vore normaldata saaledes, at vi ogsaa tager hensyn til, at der ofte ikke lægger sig is paa flere af vore indsjøer.

Det kunde muligens tænkes, at man vilde definere begrebet normal-data for islægning og isløsning som de data, paa hvilke vandet frøs til og gik op i normale aar. Og ved normale aar maatte da forstaaes aar, hvor de forskjellige faktorer, som betinger islægningen, var normale. Men dette vilde mere være et tankeexperiment end en praktisk mulighed. Thi for det første kjendes neppe endnu alle de aarsager, som betinger afkjøling og isdannelse i en indsjø, og de forskjellige faktorer griber saaledes ind i hverandre, at det, praktisk talt, vil være en umulighed at paavise et aar, hvor alle faktorer, — lufttemperaturen, vinden, nedbøren, strømmen i sjøen o. s. v., — kan siges at være normale.

Man bliver derfor henvist til at definere de normale isforhold, saaledes som her er gjort, som det gennemsnitlige af en række aars observationer.

Kapitel 3.

Opgave over, naar islægningen og isløsningen finder sted ved vore betydeligere indsjøer.

I dette kapitel skal meddeles de data, man har indsamlet herom. Man skriver samtidig op den geografiske bredde af sjøen¹ og de forhold forøvrigt, som kan være af interesse til forstaaelse af, hvilke geografiske betingelser der er for en tidligere eller sildigere islægning og isløsning, som sjøernes størrelse, høide over havet og dybdeforholdene, forsaavidt disse kjendes.

Størrelse og beliggenhed er fra den geografiske opmaalings karter og beskrivelser. Hvorfra dybdeforholdene er kjendt, skal meddeles for hver enkelt sjø.

I. Sjøer paa Østlandet.

Mjøsen.

Beliggenhed fra $60^{\circ}24' - 61^{\circ}8'$ n. br. Størrelse = 359,4 km.²

Høide over havet = 121 m. Største dyb = 452 m.

Af *Helland's*² opgaver fra kaptein Bergs oplodninger hidsættes følgende dyb i Mjøsen.

Afstand fra sjøens sydende,	Dyb. m.	Afstand fra sjøens sydende,	Dyb. m.
2 km.	119 »	27 km.	452 »
2,5 »	147 »	34 »	443 »
4 »	205 »	37 »	443 »
8 »	314 »	43 »	406 »
10 »	326 »	45 »	380 »
12 »	341 »	49 »	335 »
15 »	377 »	51 »	298 »
19 »	433 »	52 »	277 »
23 »	425 »	55 »	228 »
24 »	450 »		

¹ Ved de største sjøer anføres sydendens og nordendens geogr. bredde. Ved de mindre sjøer anføres kun breddegraden for sjøens midtpunkt.

² *Amund Helland*: Om Beliggenheden af Moræner og Terasser foran mange Indsjøer. Öfversigt af Kungl. Vet.-Akad. Förhandlingar 1875.

I den nørddlige del af sjøen er der ifølge velvillige meddelelser af hr. fiskeristipendiat H. Huitfeldt-Kaas iagttaget følgende dyb:

60 km. fra sydenden (ud for Heggenhaugen)	175 m.
65 - - - (- - Kolberg)	104 -
70 - - - (- - Ringsaker)	75 -
75 - - - (- - Moelven)	45 -
78 - - - (- - Biri)	36 -
80 - - -	35 -
85 - - - (- - Brøttum)	82 -
90 - - - (- - Bergseng)	64 -
95 - - - (- - Trangerud)	34 -

I et tverprofil fra Gjøvik til Smedstuen er bemærket følgende dyb:

320 m. fra Gjøvik	97 m. dyb.
630 - - -	180 - -
945 - - -	241 - -
1260 - - -	289 - -
1575 - - -	280 - -
1890 - , -	267 - -
2200 - - -	133 - -
2500 - - -	1,5 - -

I et tverprofil fra Furnæsberget tvers over Bundefjorden til Lunke-
rud paa Næs er iagttaget følgende dyb:

135 m. fra Furnæsberget	10 m. dyb.
270 - - -	18 - -
540 - - -	22 - -
810 - - -	22 - -
1085 - - -	36 - -
1355 - - -	72 - -
1625 - - -	104 - -
1895 - - -	122 - -
2170 - - -	30 - -
2440 - - -	14,5 - -
2500 - - -	0 - -

For Mjøsens vedkommende er det lykkedes at finde et udmerket materiale angaaende isforholdene i de efter afdøde dampskibskaptein Raabe opbevarede almanakker, som samtlige (fra 1862 til 1895) velvilligst er stillede til afbenyttelse. I almanakkerne findes næsten for hver dag i løbet af vinteren optegnelser om, hvordan isforholdene forandrede sig fra foregaaende dag. Efter denne kilde skal man meddele de

vigtigste data herom fra 1863—64 til 1894—95, og senere skal man for at faa bedre oversigt mere skematisk i en tabel opsætte datoerne for islægningen og isløsningen ved nogle steder af sjøen.

Vinteren 1863—64.

gik Mjøsen op 21de april.

Vinteren 1864—65.

2den jan. var der is nordenfra til Ringsaker.

3die febr. havde hele Mjøsen lagt sig.

29de april gik isen op under storm af nordlig vind. Den havde et par dage før gaaet op ved Kap paa Toten.

1ode mai var det helt isfrit.

1865—66.

9de novbr. lagdes is fra Lillehammer til Hagefetten.

13de jan. var der is nordfra til Heggenhaugen.

9de mars lagde resten af Mjøsen sig.

21de april begyndte isen at gaa op.

9de mai var isen oppe helt til Lillehammer.

1866—67.

15de jan. lagde isen sig der, hvor sjøen endnu havde været aaben.

18de jan. kunde man kjøre læs paa isen tversover sjøen.

1ode mai kunde der endnu kjøres paa isen.

26de mai drog 3 mand en baad paa en slæde fra Gjøvik til Heggenhaugen.

29de mai begyndte den at gaa op; beg. af juni aabent vand til Lillehammer¹.

1867—68.

15de novbr. lagdes is nordfra til Hagefetten.

16de novbr. var isen delvis gaaet op igjen.

15de dec. laa der is nordfra til Ringsaker.

22de dec. laa der is nordfra til Totenviken.

28de dec. lagde isen sig overalt nordenfor Stigersand.

29de dec. brødes den delvis op igjen.

30te dec. lagde isen sig paanyt.

6te jan. lagdes den helt ned til Minne.

27de april begyndte isløsningen ved Minne.

4de mai gik isen op nordover til Heggenhaugen.

¹ 11te juni 1867 kunde man endnu gaa paa isen paa Mesnavatnene ved Lillehammer.

1868—69.

- 21de novbr. lagdes is til Hagefetten.
1ste jan. lagdes is til Ringsaker.
25de jan. lagdes is til Gjøvik.
24de febr. lagdes is næsten over hele Mjøsen.
25de febr. brødes den op igjen af storm.
1ste mars lagdes atter is fra Næs til Hamar.
15de mars var der is fra Lillehammer til Gjøvik, aabent vand fra Gjøvik til Bjertnæsodden og is fra Bjertnæs til Minne.
26de mars var der fremdeles paa sine steder aabninger i isen, men fast is fra Totenlandet til Helgøen.
31te mars begyndte isen at løsne mellem Næs og Totenlandet.
1ste april var der dog kjørbar is fra Gjøvik til Lillehammer.
7de april var der aabent vand ved Totenlandet.
13de april løsnede isen ved Hamar.
14de april var sjøen aaben til Heggenhaugen.
7de mai var den aaben til Lillehammer.

1869—70.

- 28de novbr. lagde isen sig fra Lillehammer til Skogsodden.
17de dec. laa der is til Ringsaker.
22de dec. var der is til Heggenhaugen.
23de dec. var der is til Gjøvik.
31te dec. lagdes is næsten overalt.
1ste jan. blev isen brudt op igjen over en stor del af sjøen.
6te jan. var der aabent vand nordover til Ringsaker.
14de jan. laa der is i Næssundet.
18de jan. laa der is fra Minne til Smørvik paa Toten, aabent fra Smørvik til Gjøvik.
21de jan. lagdes is over hele sjøen.
26de jan. færdedes de første kjørende mellem Hamar og Helgøen.
27de april begyndte isløsningen.
30te april gik den største del af isen op under en sydlig storm.
9de mai var der isløsning nordover helt til Lillehammer.

1870—71.

- 19de dec. lagdes is fra Lillehammer til Ringsaker.
22de dec. var der is i Næssundet.
26de dec. lagdes is nordenfra til Gjøvik.
23de jan. lagdes is saa langt, man kunde se fra Smørvik paa Toten; men der var enkelte aabninger i isen.

24de jan. lagdes is overalt paa Mjøsen.
29de jan. kunde man gaa paa skoiter fra Hamar til Gjøvik.
7de april løsnedes isen flere steder.
29de april var der aabent vand fra Byrud til Atlungstad i Stange.
8de mai var isen aaben til Heggenhaugen.
12te mai var isen aaben til Lillehammer.

1871—72.

23de novbr. lagdes is ved Lillehammer.
12te dec. var der is til Ringsaker.
14de dec. var der is til Heggenhaugen.
15de dec. var isen atter oppe til Ringsaker.
14de jan. var der fremdeles aabent vand til Heggenhaugen.
1ste mars var der is i Næssundet, men forøvrigt aabent vand syd-
over til Heggenhaugen.
22de mars laa der is ved Totenlandet.
23de mars var der is sydover til Smørvik paa Toten.
1ste april var der igjen aabent vand nordover til Gjøvik.
22de april løsnede isen til Ringsaker.
8de mai løsnede isen til Biri.
10de mai løsnede isen helt nord til Lillehammer.

1872—73.

15de novbr. lagdes is ved Lillehammer.
1ste dec. var vandet mellem Lillehammer og Hagefetten fyldt af
snestappe og iskrav.
14de dec. var flere dele af Mjøsen islagte.
23de dec. lagdes is ved Hamar. Næssundet laa, saa man allerede
gik over isen. Fra Heggenhaugen og nordover laa der ogsaa is.
28de dec. var isen oppe i Næssundet samt sondenfor Ringsaker.
28de jan. lagdes is mellem Ringsaker og Heggenhaugen.
30te jan. om natten lagdes isen helt forbi Gjøvik.
31te jan. var der iskrav fra Totenlandet til Næs; is fra Skjælve til
midt mellem Næs og Hamarlandet.
3die febr. lagdes is fra Næs kirke til midt mellem Hamar og Næs.
15de febr. var der is ved Hamar.
14de mars laa der fast is fra Heggenhaugen til Smedstuen; iskrav
fra Næs til Hamar og derfra til Ringsaker.
15de mars. Hele den vestlige del af Mjøsen var fuld af is.
17de mars var der dravis fra Stigersand nordover. Isen ved Smør-
vik paa Toten 4" tyk.

20de mars var der aabent vand til Bjertnæsodden.
4de april var der fremdeles is fra Hamar til Næs og Gjøvik.
7de april blev det isfrit ved Gjøvik.
24de april foregik isløsning nordover til Ringsaker.
30te april isløsning til Biri.
8de mai isløsning til Lillehammer.

1873—74.

18de dec. lagdes is nordfra til Freng.
29de dec. lagdes is til Ringsaker.
5te jan. Isen atter løsnet helt nordover til Freng.
16de jan. var det fremdeles aabent til Freng.
10de febr. laa isen sydover til Ringsaker.
16de febr. løsnede isen nordover til Biri.
11te mars var der klart vand til Høvik.
30te mars var der aabent vand til Freng.
7de mai løsnede isen fra Freng og nordover.
10de mai blev det aldeles isfrit.

1874—75.

26de novbr. lagdes is fra Lillehammer til Hagefetten.
6te dec. var der is til Skaug.
12te dec. lagdes is midt mellem Ringsaker og Heggenhaugen.
17de dec. var isen atter oppe til Ringsaker.
27de dec. lagdes is nordfra til Gjøvik.
31te dec. var der fast is til Smørvik paa Toten. Iskav over hele Mjøsen fra Toten til Hamar.
13de jan. lagde isen sig over resten af sjøen undtagen langs Mostu-landet, hvor den lagde sig den 17de.
4de mai begyndte isløsningen.
8de mai løsnede isen nordover til Ringsaker.
10de mai foregik isløsning helt nord til Lillehammer.

1875—76.

10de dec. var der iskav fra Ringsaker til Freng.
15de dec. lagdes is nordfra til Kraakvik i Ringsaker.
17de dec. lagdes is til Heggenhaugen.
12te jan. lagde isen sig over det bredeste af Mjøsen.
26de jan. gik isen op flere steder under en sydvestlig storm.
3die febr. var isen aaben fra Ekornholmen til Hannestadsandene.
10de febr. Iskav og drivis.

16de febr. lagdes atter is over det hele.
27de april begyndte isen at løsne flere steder.
6te mai var der isfrit nordover til Heggenhaugen.
10de mai isløsning helt nord til Lillehammer.

1876—77.

10de novbr. lagdes is ved Lillehammer.
1ste dec. laa der is til Skogsodden.
15de dec. laa der is nordfra til Ringsaker.
16de dec. laa der is fra Gjøvik nordover.
29de dec. lagdes is over den bredeste og største del af sjøen.
3die jan. var der is over hele sjøen med undtagelse af et lidet aabent parti ved Stigersand.
12te mai laa der fremdeles is over hele sjøen.
18de mai begyndte isen at løsne.
23de mai var isen løsnet ved Lillehammer.

1877—78.

I begyndelsen af decbr. lagdes is fra Lillehammer og sydover til Hauknæs.

31te dec. laa der is fra Stensborg og nordover.
2den jan. laa isen til Ringsaker.
7de jan. var der snestappe og is fra Gjøvik nordover.
11te jan. var sjøen opfyldt af iskrav fra Gjøvik til Næslandet.
21de jan. blev en del af isen opbrudt under en voldsom storm fra vest.

1ste febr. lagde der sig is fra Næs kirke til Hamar og sydover til Ringnæs.

4de febr. var der fremdeles klart vand paa Vestfjorden.
7de febr. løsnede isen ved Helgøen ved regn og vind.
8de febr. løsnede isen fra Bundefjorden under en vestlig storm.
11te febr. lagde isen sig atter ved Næslandet og ved Hamar.
14de febr. var der iskrav over den aabne del af sjøen.
15de febr. var der 2" is fra Næs til midt paa Bundefjorden. Fra Gillund til Fagernæs $\frac{1}{2}$ —1" is.

17de febr. laa isen fra Stigersand til Gillund og fra Lagekampen til Næs.

19de febr. løsnede al is fra Heggenhaugen til Minne under en nord-vestlig storm. Fremdeles is i Bundefjorden.

26de febr. var der megen drivis, som var sammenfrossen.

3die mars drev isen ved en nordlig storm ud af Bundefjorden, medens den fremdeles laa til Heggenhaugen.

9de april var isen ved Kolberg 14" tyk.

1ste mai laa isen fremdeles fra Ringsaker nordover.

3die mai løsnede isen ved Ringsaker.

4de mai var der klart vand til Biri.

5te mai var der klart vand til Lillehammer.

1878—79.

25de novbr. lagde der sig is fra Lillehammer et stykke sydover.

14de dec. var der iskrav fra Ringsaker nordover til Lillehammer.

16de dec. laa isen nordfra til Ringsaker, hvor den var 2" tyk.

22de dec. lagde der sig is fra Smørvik og nordover.

23de dec. var der is fra Heggenhaugen og nordover. Søndenfor var den drevet væk.

28de dec. lagde isen sig ved Hamar.

8de jan. var der iskrav fra Næs til Hamar.

13de jan. var der is ved Minne.

17de jan. laa der is fra Hamar til Næs og derfra til Helgøen Vestfjorden var endnu isfri.

20de jan. var der is mellem Gjøvik og Heggenhaugen.

22de jan. laa der is over hele sjøen.

21de april kjørtes isen fremdeles; men 8 heste faldt gennem isen ved E Kornholmen.

26de april løsnede isen paa flere steder.

13de mai gik isen op helt nord til Lillehammer.

1879—80.

24de novbr. lagde der sig is ved Lillehammer.

4de dec. var der is sydover til Biri.

9de dec. var der is ved Ringsaker.

3die jan. var der aabent vand helt til Ringsaker.

7de jan. var der iskrav fra Kolberg til Heggenhaugen og fra Næs til Hamar.

13de jan. lagde isen sig fra Heggenhaugen til Ringsaker.

14de jan. var hele Bundefjorden islagt.

23de jan. lagde der sig is i Næssundet.

24de jan. var der aabent vand fra Minne nordover til Heggenhaugen med undtagelse af ved Næssundet.

4de febr. var der dravis fra Næs til Hamar.

- 23de febr. var der iskrav over hele Mjøsen.
24de febr. laa isen fra Gillund nord til Heggenhaugen.
25de febr. var der is fra Næs til Hamar og sydover til Sveodden.
29de febr. drev endel af isen væk under en nordøstlig storm.
13de april laa isen fremdeles nordfra til noget syd for Ringsaker.
15de april begyndte isen at løsne ved Ringsaker.
29de april var der fremdeles is til Biri.
7de mai løsnede isen helt nord til Lillehammer.

1880—81.

- 19de novbr. laa der is ved Lillehammer.
1ode dec. var der is til Skulhus nordfra.
17de dec. var der iskrav fra Gjøvik til Smørvik.
19de dec. var sjøen fuld af iskrav og snestappe fra Stigersand til Gillund, samt fra Gjøvik og nordover et stykke.
20de dec. lagde der sig is mellem Gjøvik og Smørvik og fra Næs til Hamar.
24de dec. laa der is over hele Mjøsen.
8de jan. var isen overalt kjørbar.
23de mai laa der fremdeles is overalt.
25de mai begyndte isløsningen.
28de mai laa der fremdeles is fra Kolberg til Helgøen.
Først i begyndelsen af juni løsnede isen over hele Mjøsen.

1881—82.

- 14de dec. lagdes der is ved Lillehammer.
3die jan. var der is fra Skaug nordover til Lillehammer.
9de jan. laa isen fra Biri nordover.
1ode jan. var isen drevet væk fra Freng og sydover.
13de jan. var der fremdeles is fra Skaug.
24de jan. laa isen til Kolberg.
26de jan. var isen syd for Biri dreven væk.
2den febr. laa der is nordfra til Skulhus, ellers aldeles isfrit.
17de febr. var der is nordover fra Skumsrud.
30te mars var sjøen aaben fra Freng sydover.
8de mai laa der is kun et lidet stykke syd for Lillehammer.
1ode mai var isen rent væk.

1882—83.

- 28de novbr. lagdes is ved Lillehammer.
18de dec. lagdes is sydover til Ringsaker.

- 20de dec. laa isen til Heggenhaugen.
3die jan. lagdes is mellem Næs og Helgøen.
9de jan. laa der is over hele Mjøsen.
30te april var hele Mjøsen fremdeles islagt.
1ste mai begyndte der at blive enkelte aabninger i isen.
2den mai var der aabent vand helt nord til Hamar paa østre side af Mjøsen.
5te mai var der isfrit søndenfra til Biri.
7de mai laa isen fremdeles fra Lillehammer til Freng.
9de mai om aftenen var Mjøsen helt isfri.

1883—84.

- 7de dec. lagde isen sig fra Lillehammer et lidet stykke sydover.
22de dec. laa isen fremdeles ikke længer end nordenfra til Skaug.
28de dec. var der iskrav af og til fra Biri til Gjøvik.
31te dec. var der is fra Freng nordover.
1ste jan. var der iskrav fra Freng til Heggenhaugen.
2den jan. laa der is fra Freng sydover et kort stykke.
5te jan. var der iskrav overalt undtagen ved Hamar. Is i Næssundet.
6te jan. var der is til Skulhus, derfra aabent vand til Bjertnæs-
odden paa Toten. Derfra is til Hamar.
9de jan. laa isen fra Næs til Hamar.
20de jan. var der iskrav over de dele af sjøen, som endnu var aabne.
21de jan. laa isen til Heggenhaugen og fra Næs til Hamar. Om aftenen stormbyger, som satte isen i drift.
24de jan. var der fuldt af drivis ved Hamar.
27de jan. blæste sterk storm, som satte isen i drift.
28de jan. laa is nordfra til Skulhus, derfra klart til Hamar.
18de febr. var der iskrav over hele Mjøsen fra Gjøvik til Hamar.
19de febr. laa is i Næssundet men forøvrigt isfrit søndenfor Skulhus.
21de febr. laa der is over hele Mjøsen med enkelte mindre aabninger.
4de mars var isen søndenfor Heggenhaugen i drift. I den sydlige del af sjøen var der aabent vand.
7de mars var der aabent vand mellem Kongsrud og Glemmestad paa Toten og ved Næs kirke, ellers is nordenfra til Hamar. Aabent fra Hamar og sydover.
14de mars var der iskrav og snestappe over de aabne dele af sjøen.

15de mars laa is fra Hamar til Næs, drivis i Toten fjorden. Aabent vand fra Smørvik til Gjøvik, is derfra nordover.

19de mars blev det isfrit fra Smørvik til Hamar.

22de mars isfrit fra Gjøvik sydover.

31te mars isfrit til Heggenhaugen.

1ste april laa fast is til Ringsaker; fra Ringsaker drivis sydover til Gjøvik.

14de april blev det isfrit fra Skulhus sydover.

2den mai var der isfrit søndenfor Biri.

6te mai isfrit fra Freng.

16de mai blev det isfrit helt til Lillehammer.

1884—85.

24de novbr. lagdes is ved Lillehammer.

23de dec. var der is fra Skulhus nordover.

6te jan. laa isen nordfra til Biri.

15de jan. var der isfrit fra Biri til Heggenhaugen; derfra is med store aabninger imellem til Hornsodden, derfra 2 à 3" tyk is til Hamar.

16de jan. var der iskrav over de aabne dele af sjøen.

18de jan. laa is mellem Næs og Hamar.

20de jan. var der is, saa langt man kunde se fra Minne.

23de jan. kunde isen kjøres overalt.

20de april begyndte isen at løsne.

5te mai var al is løsnet nord til Skulhus.

10de mai var sjøen overalt isfri.

1885—86.

15de novbr. lagdes is ved Lillehammer.

12te dec. laa is til Biri, derfra iskrav til Heggenhaugen.

14de dec. løsnede isen helt nord til Hagefetten ved Lillehammer.

21de dec. lagde der sig en halv tomme tyk is sydover til Ringsaker.

22de dec. laa der is nordfra til Heggenhaugen med enkelte aabninger.

24de dec. løsnede isen atter nordover til Hagefetten.

5te jan. lagdes is til Biri; søndenfor var der af og til drivis.

7de jan. løsnede isen nordover til Skulhus.

11te jan. lagdes is nordfra til Biri.

26de jan. var der iskrav nordfra til Ringsaker, drivis ved Gjøvik.

29de jan. var der is nordfra til Kongsrud paa Næs.

31te jan. var der is sydover til Gjøvik.

4de febr. var der iskrav næsten overalt i de aabne dele.

5te febr. var der fremdeles aabent vand fra Gjøvik til Næs kirke; men derfra lagdes is til midtfjords mellem Næs og Hamar.

9de febr. laa hele Mjøsen; men isen blev opbrudt af sterk sønden-vind, saa der var aabent vand fra Hamar til Helgøen og fra Horns-odden til Glemmestad.

10de febr. laa isen nordfra til Kongsrud, derfra aabent.

18de febr. var der fremdeles isfrit søndenfor Gjøvik.

19de febr. lagdes is, saalangt der kunde sees fra Smørvik. Ogsaa is i Hamarfjorden.

24de febr. var der fremdeles aabent vand nogle steder i det syd-ligste af Mjøsen.

26de febr. løsnede store partier af isen søndenfor Heggenhaugen.

3die mars lagdes is paa de aabne partier af sjøen.

7de april var der enkelte aabne partier i isen.

15de april var det isfrit fra Bjertnæsodden til Næs kirke.

19de april var isløsningen naaet nord til Heggenhaugen.

27de april var hele Mjøsen isfri.

1886—87.

20de novbr. lagdes is ved Lillehammer.

20de dec. var der is til Ringsaker.

30te dec. laa isen nordfra til Heggenhaugen.

4de jan. lagdes is i Næssundet.

6te jan. løsnede isen i sundet.

12te jan. laa isen 2 km. syd for Gjøvik.

15de jan. drev isen søndenfor Heggenhaugen sydover.

10de febr. var det fremdeles isfrit fra Heggenhaugen til Næs; men fra Næs lagdes is midtfjords til Hamar.

11te febr. løsnede isen, saa man søndenfor Heggenhaugen kun havde dravis.

25de febr. var der isfrit fra Ringsaker sydover.

4de mai isfrit nordover til Biri.

12te mai var det isfrit helt op til Lillehammer.

1887—88.

26de novbr. lagdes is ved Lillehammer og sydover et stykke.

21de dec. lagde isen sig sydover til Biri.

22de dec. laa isen sydover til Ringsaker.

14de jan. var der iskrav nordfra til Gjøvik og tvers over sjøen til Hamar.

16de jan. laa isen til Bjertnæsodden, derfra var der dravis til Smørvik. Is ved Hamar.

18de jan. lagdes is til Gjøvik.

23de jan. lagdes is nordenfor Hamar.

14de febr. lagde hele den søndre del af Mjøsen sig.

15de febr. var isen kjørbar fra Hamar til Toten.

9de mai begyndte isen at løsne.

12te mai var isen løsnet søndenfor Heggenhaugen.

14de mai var isen løsnet søndenfor Biri.

21de mai var hele Mjøsen isfri helt op til Lillehammer.

1888—89.

9de novbr. lagdes is ved Lillehammer.

13de dec. lagdes is sydover til Freng.

17de dec. lagdes is til Biri.

3die jan. lagdes is sydover til Ringsaker.

16de jan. lagdes is nordfra til Heggenhaugen.

18de jan. laa is med enkelte aabninger sydover til Gjøvik.

24de jan. lagdes is sydover til Hamar.

25de jan. drev isen ud under en sterk storm.

26de jan. var det isfrit søndenfor Heggenhaugen.

6te febr. var der dravis mellem Næs og Hamar. I den sydligste del af Mjøsen lagde isen sig.

12te febr. lagdes is fra Hornsodden til Hamar og nordover til Brøhaug.

15de febr. lagdes is over alle de aabne dele af Mjøsen.

26de febr. var isen kjørbar mellem Toten og Hamar.

30te april løsnede isen i den sydligste del af sjøen.

8de mai var det isfrit fra Ringsaker sydover.

12te mai var det isfrit helt op til Lillehammer.

1889—90.

1ste dec. lagdes is ved Lillehammer.

31te dec. lagdes is fra Skulhus nordover.

2den jan. brødes isen op paa flere steder under vestlige stormbyger.

1ste febr. lagdes is overalt nordenfor Ringsaker.

5te febr. løsnede atter isen.

8de febr. laa isen igjen til Ringsaker.

9de febr. var der iskrav næsten overalt.

10de febr. laa is til Heggenhaugen og i Næssundet.

12te febr. laa isen nordenfra til Hamar og desuden flere steder i den sydligste del af sjøen.

18de febr. laa isen over hele sjøen med smaa aabninger i den sydlige del.

3die mars kjørtes isen fra Kap til Hamar. Hele vinteren holdt der sig flere mindre aabninger i isen. I de sidste dage af mars og de første af april begyndte isen at løsne.

5te april løsnede den ved Hamar.

15de april var der isfrit sydfra til Gjøvik.

21de april isfrit til Ringsaker.

4de mai var sjøen isfri helt til Lillehammer.

1890—91.

29de novbr. lagde isen sig ved Lillehammer.

14de dec. laa den sydover til Ringsaker.

21de dec. løsnede isen nordover til Biri.

30te dec. laa der is sydover til Heggenhaugen.

2den jan. var der is sydover til Hamar, men med større aabninger indimellem.

10de jan. laa isen overalt med undtagelse af et aabent stykke fra Heggenhaugen til Kongsrud og nord for Næs kirke.

14de jan. løsnede isen nord til Kolberg under en orkanagtig storm fra nordvest.

20de febr. lagdes is sydover til Bjertnæsodden.

21de febr. var der iskrav og is overalt sydover til Hamar.

22de febr. laa isen nordenfor Nordsveodden i Stange.

1ste mars dreves isen væk af en sterk storm.

2den mars var det isfrit søndenfor Heggenhaugen.

4de mars var det isfrit fra Ringsaker sydover.

9de mars var der iskrav næsten overalt til Hamar; men der lagdes ikke is.

18de april laa isen fremdeles sydover til Ringsaker.

24de april løsnede den ved Ringsaker.

8de mai var sjøen aaben helt op til Lillehammer.

1891—92.

17de novbr. lagdes is ved Lillehammer.

19de dec. lagdes is til Biri.

10de jan. lagdes is sydover til Ringsaker.
15de jan. var der iskrav flere steder i sjøen.
18de jan. laa der is til Hamar.
24de jan. lagdes is overalt sydover til Minne.
15de april begyndte isløsningen.
1ste mai var isløsningen naaet nord til Lillehammer.

1892—93.

12te dec. lagdes is ved Lillehammer.
26de dec. var der is og iskrav fra Skulhus nordover.
13de jan. lagdes is nordenfor Bjertnæsodden.
15de jan. var der is over hele sjøen med undtagelse af en liden aabning paa vestkanten af Helgøen.
18de jan. opstagedes vei paa isen.
12te april begyndte isen at løsne.
I begyndelsen af mai var hele Mjøsen isfri.

1893—94.

27de novbr. lagdes is ved Lillehammer.
24de dec. laa isen nordfra til Bækodden.
8de jan. var der is nordfra til Ringsaker.
12te jan. løsnede enkelte partier af isen.
29de jan. var der isfrit nord til Biri.
15de febr. fremdeles isfrit til Biri.
16de febr. lagde der sig is i Næssundet.
17de febr. lagdes is ved Hamar.
19de febr. var der is og iskrav fra Gjøvik til Hamar.
22de febr. løsnede isen fra Næs til Hamar. Vestfjorden fra Helgøen til Totenlandet var isfri.
23de febr. var der drivis ved Hamar.
3die mars fremdeles drivis ved Hamar; fast is kun til Biri.
31te mars fremdeles ingen is søndenfor Biri.
27de april var der isfrit søndenfra til ret ud for Ødegaarden paa Brøttum.
3die mai var det isfrit helt op til Lillehammer.

1894—95.

10de dec. lagdes is fra Hagefetten til Lillehammer.
5te jan. lagdes is sydover til Biri.
13de jan. lagdes is sydover til Ring.
20de jan. lagdes is i Næssundet.

22de jan. var der iskrav over næsten hele Mjøsen; isen lagde sig til Heggenhaugen.

24de jan. iskrav og is næsten over hele Mjøsen.

26de jan. var der is overalt med enkelte aabninger.

27de jan. gik folk paa skøiter fra Hamar til Gjøvik.

31te jan. stagedes vei paa isen.

12te febr. kjørtes isen første gang fra Toten til Hamar.

16de april var isen fremdeles kjørbar.

23de april begyndte isløsningen.

7de mai var Mjøsen helt aaben til Lillehammer.

1895—96¹.

26de novbr. var der iskrav i den nordligste del af Mjøsen.

12te dec. lagde der sig is syd til Biri.

22de dec. løsnede isen og drev sydover.

31te dec. var der iskrav og is over den største del af sjøen.

7de jan. laa der is mellem Gjøvik, Næs og Hamar og søndenfor enkelte steder.

14de jan. opstagedes vei Gjøvik—Mengshol.

17de jan. var søndre del af sjøen søndenfor Helgøen og helt til Minne aaben.

20de jan. blev der aabent vand fra Hamar til Helgøen. Fremdeles is ved Gjøvik.

3die febr. var der fremdeles sterk is fra Gjøvik til Næs, aabent fra Hamar til Næs.

14de april. Fremdeles is ved Gjøvik, aabent ved Næslandet.

17de april var der isfrit ved Gjøvik.

30te april. Isfrit helt til Biri, hvor der fremdeles laa is.

I begyndelsen af mai var det isfrit helt til Lillehammer.

1896—97.

22de dec. var der is ved Gjøvik. Den laa, saalangt man kunde se, nordover.

28de dec. blev isen brudt op igjen af vinden.

9de jan. lagde der sig atter is sydover til Heggenhaugen.

12te jan. lagde isen sig langs vestre land sydover til Gjøvik.

29de jan. lagde isen sig fra Gjøvik til Næs og Hamar.

1ste febr. gik man paa isen fra Næs til Gjøvik.

¹ Med 1895 slutter kaptein Raabes optegnelser. Det senere materiale er samlet efter notiser i lokalpressen samt efter flere personers velvillige meddelelser.

2den febr. lagde isen sig paa resten af sjøen.
27de april begyndte isen at løsne paa enkelte steder.
1ste mai foregik isløsningen nord til Hamar.
4de mai var Mjøsen aaben nordover til Biri.
10de mai var der aabent vand helt nord til Lillehammer.

1897—98.

7de jan. lagdes is sydover til Biri.
6te febr. blev det stille efter nogle dages kold vind. Der bredte sig da pludselig is fra Gjøvik til Næs og sydover fra Gjøvik.
7de febr. blev isen feiet væk af vinden.
11te febr. var sjøen aaben helt til Biri.
6te april. Fremdeles aabent til Biri.
11te mai gik dampskibene opover til Lillehammer, hvor der fremdeles var is, som imidlertid var meget svag.

1898—99.

25de novbr. lagdes is i nordenden af sjøen ved Lillehammer.
31te dec. lagde isen sig sydover til Biri.
7de jan. laa isen sydover til Redalen.
8de jan. var Mjøsen islagt sydover til Heggenhaugen.
23de jan. lagdes isen sydover til Gjøvik, i Næssundet samt i bugten ved Hamar.
25de jan. laa isen mellem Gjøvik, Næs og Hamar, samt i den sydligste del ved Minne.
27de jan. var hele sjøen tilfrossen.
6te mai slog dampskibene raak til Gjøvik.
12te mai laa isen fremdeles over den største del af sjøen om morgenen, men ved middagstider begyndte den at løsne, og om aftenen var der klart vand helt nordover til Ringsaker.
16de mai naaede isløsningen til Lillehammer.

1899—1900.

7de jan. lagdes der is, saa dampskibet maatte ophøre med farten nord for Biri.
10de jan. islagdes Ringsakerfjorden.
13de jan. lagde isen sig til Gjøvik og fra Hamar til Næs og derfra til Helgøen. Ved Totenlandet var det fremdeles isfrit.
15de jan. feiede en sydlig vind isen bort mellem Hamar—Helgøen og Gjøvik.
24de jan. var det fremdeles isfrit til Gjøvik.

1ste febr. frøs sjøen til mellem Hamar og Gjøvik.

6te febr. islagdes resten af sjøen.

9de febr. var isen kjørbar.

19de april begyndte isen paa enkelte steder at blive usikker; men den kjørtes endnu.

24de april begyndte dampskibene at slaa op isen, men opbrydningen gik langsomt.

27de april naaede dampskibene Kap paa Toten.

4de mai gik isen væk mellem Hamar—Helgøen og Toten.

11te mai var sjøen isfri undtagen i den nordligste del. Dampskibene gik til Biri.

13de mai naaede dampskibene til Lillehammer.

Nu er meddelt de vigtigste data for islægningen og isløsningen paa Mjøsen i de sidste 37 aar. Vi vil resumarisk gjentage de væsentligste data i omstaaende tabel.

Af de 37 aar, hvorover iagttagelser haves, var Mjøsen helt islagt i de 26. I 3 aar, vintrene 1873—74, 1881—82 og 1897—98, laa der ikke is, paa sjøen undtagen i den øverste del fra Lillehammer til Biri. I 8 aar af de 37 var Mjøsen aaben i den sydlige del, men isen lagde sig saa langt syd som til Hamar.

Udregnes gennemsnitsdata for, naar islægningen og isløsningen har fundet sted, findes følgende data:

Ved *Lillehammer* har der gennemsnitlig lagt sig is 27de november. Islægningen har gennemsnitlig naaet saa langt syd som til *Ringsaker* 26de december, men 2 af 37 aar har der ikke lagt sig is saa langt syd.

Til trakten mellem Heggenhaugen og Gjøvik har islægningen gennemsnitlig naaet 18de januar, men 3 aar af 37 har islægning ikke fundet sted saa langt syd.

Mellem Gjøvik og Næs og videre til Hamar har islægningen gennemsnitlig fundet sted 23de januar.

Gennemsnitsdatoen for islægningen i de 26 aar, hvori Mjøsen helt har været islagt, er 29de januar.

I de samme aar begyndte isløsningen gennemsnitlig 22de april. Ved Hamar—Næs—Gjøvik indtraf isløsningen 24de april, ved *Ringsaker* 1ste mai, ved Biri 6te mai.

Gennemsnitsdatoen for det tidspunkt, da hele sjøen har været isfri, er efter samtlige 37 observerede aar 11te mai.

Islægningen paa Akersviken ved Hamar samt paa Bundefjorden pleier, efter hvad der er oplyst, at foregaa adskillig tid, før islægning finder sted paa den øvrige del af sjøen. Akersviken er det sidste sted ved Hamar, hvor isløsningen foregaar.

Det antal dage, hvori Mjøsen har været helt islagt, er, som vi ser, hoist forskjelligt, idet det har været mellem 0 og 152. Gjennemsnittallet for 37 iagttagne aar udgjør 60 dage.

Fra 29de jan., som er gjennemsnitsdatoen for islægningen af hele sjøen i de aar, den har været helt islagt, til 22de april, som er gjennemsnitsdatoen for isløsningen i de samme aar, er 83 dage, hvilket er 23 dage mere end den gjennemsnitlige islægningstid i de 37 aar. Vilde vi tage hensyn til dette i udregningen af normaldatoen for, naar hele Mjøsen pleier at være islagt, og for, naar den gaar op, kunde vi danne os et begreb derom ved at sætte islægningen til et tidspunkt 12 dage længere frem og isløsningen til et tidspunkt 12 dage længere tilbage.

Vi skal supplere de givne meddelelser om isforholdene ved Mjøsen med de iagttagelser af isforholdene i Vormen, som findes anførte paa kanalvæsenets vandstandslistre fra Eidsvoll-Sundfosdammen.

1883—84.	elven islagt 7de febr.,
Elven islagt ovenfor dammen 3die jan.,	elven aaben 10de febr.,
elven aaben 21de jan.,	elven islagt 23de febr.
elven paanyt islagt 19de febr.,	elven aaben 1ste april.
elven atter aaben 17de mars.	1886—87.
1884—85.	Elven islagt 17de dec.,
Elven islagt 12te jan.,	elven aaben 19de dec.,
elven aaben 3die febr.,	elven islagt 29de dec.,
elven islagt 17de febr.,	elven aaben ?.
elven aaben 24de febr.	1887—88.
1885—86.	Elven islagt 23de dec.,
Elven islagt 11te dec.,	elven aaben 30te dec.,
elven aaben 13de dec.,	elven islagt 16de jan.,
elven islagt 6te jan.,	elven aaben 29de mars.
elven aaben 9de jan.,	1888—89.
elven islagt 28de jan.,	Elven islagt 22de jan.
elven aaben 2den febr.,	elven aaben ? mars.

Mjøsen.
Oversigt over data for:

Vinteren, Aar:	Islægning						Isløsning						Anmerkninger.
	Begyndt fra og sydover	naaet syd- over til	Ringsaker sydover til	Heggenhau- gen—Gjøvik	Begyndt ved Toten—Næs	Det bredeste partiaf Mjøsen helt islagt	Begyndt	foregik ved Hamar—Næs	Gjøvik	naaet til Kingsaker og nordover	naaet til Biri	Hele Mjøsen aaben	
1863—64	—	—	—	—	—	—	21de apr.	—	—	—	—	—	
1864—65	—	2den jan.	—	—	—	3die febr.	29de »	(1ste mai)	(3die mai)	5te mai	5te mai	9de mai	
1865—66	9den nov.	(15de dec.)	13de jan.	3die mars	—	9de mars	21de »	(25de apr.)	(1ste »)	(5te »)	(5te »)	9de »	
1866—67	—	—	—	—	—	15de jan.	29de mai	(30te mai)	(1ste juni)	(3die juni)	(3die juni)	beg. juni	
1867—68	15den nov.	15de dec.	(18de dec.)	22de dec.	—	6te jan.	27de apr.	(1ste mai)	4de mai	(7de mai)	(7de mai)	10de mai	
1868—69	21de »	1ste jan.	25de jan.	24de febr.	1ste mars	—	aabent	31te mars	14de apr.	30te apr.	30te apr.	7de »	
1869—70	28de »	17de dec.	22de dec.	31te dec.	21de jan.	—	27de apr.	(28de apr.)	(30te apr.)	1ste mai	1ste mai	10de »	
1870—71	—	19de »	26de »	(15de jan.)	24de jan.	24de jan.	7de apr.	29de apr.	8de mai	(10de mai)	(10de mai)	12te »	
1871—72	25den nov.	12te dec.	14de jan.	25de marts	—	aabent hele vinteren	aabent	1ste »	22de apr.	8de mai	8de mai	10de »	
1872—73	15de »	15de »	28de »	31te jan.	—	aabne partier hele vinteren	7de »	7de »	24de »	30te apr.	30te apr.	8de »	
1873—74	18de dec.	10de febr.	—	aabent hele vinteren	—	aabent hele vinteren	—	—	—	16de febr.	10de »	10de »	
1874—75	26den nov.	12te dec.	27de dec.	31te dec.	13de jan.	—	4de mai	(6te mai)	8de mai	(9de mai)	(9de mai)	10de »	
1875—76	—	15de »	17de »	—	12te jan.	14de jan. (16de febr.)	27de apr.	(30te apr.)	6te mai	(22de »)	(22de »)	10de »	
1876—77	10den nov.	15de »	16de »	29de dec.	3die jan.	3die jan.	18de mai	20de mai	(21de mai)	(22de »)	(22de »)	23de »	
1877—78	1ste dec.	2den jan.	7de jan.	1ste febr.	1ste febr.	aabent hele vinteren	19de febr.	19de febr.	3die mai	4de »	4de »	5te »	
1878—79	25den nov.	16de dec.	23de dec.	17de jan.	17de jan.	22de jan.	26de apr.	(28de apr.)	2den »	(5te »)	(5te »)	13de »	
1879—80	24de »	9de dec.	13de dec.	25de febr.	25de febr.	aabne partier hele vinteren	29de febr.	29de febr.	15de apr.	29de apr.	29de apr.	7de »	

Isen laa fast kun til *Birr*.

Isen gjentagne gange lagt sig og brudt op.

Isen gjentagne gange lagt sig og losnet igjen.

Isen ved Hamar brodes op 25de januar, men lagdes paanyt 12de februar.

Enkelte mindre aabninger i isen hele vinteren.

Isfrit i den sydligste del. Isen blev gjentagende brudt op af storm, men lagde sig paanyt.

Isen lagde sig ikke sondenfor Hamar.

Nogle dage omkring midten af januar var der is og iskrav over hele sjøen.

Isen laa ikke længere syd end til *Birr*.

	19de nov.	1ode dec.	19de dec.	2ode dec.	24de dec.	25de mai	(30te mai)	(3die juni)	(5te juni)	8de juni
1880—81	14de dec.	24de jan.			<i>aabent hele vinteren</i>	1ste mai	2den mai	(3die mai)	26de jan.	1ode mai
1881—82	28de nov.	18de dec.	3die dec.	3die jan.	9de jan.	1ste mai	2den mai	(3die mai)	5te mai	9de »
1882—83										
1883—84	7de dec.	6te jan.	20de dec.	6te »	21de febr.	4de mars	19de mars	14de apr.	2den mai	16de »
1884—85	24de nov.	23de dec.	19de jan.	18de »	20de jan.	20de apr.	(25de apr.)	5te mai	(7de mai)	1ode »
1885—86	15de »	21de »	31te »	5te febr.	3lie mars	7de »	15de »	19de apr.	(23de apr.)	27de apr.
1886—87	20de »	20de »	30te dec.	1ode »	<i>aabent sondenfor Gjøvik—Nas hele vinteren</i>	11te febr.	25de febr.	4de mai	4de mai	12te mai
1887—88	26de »	22de »	18de jan.	23de jan.	14de febr.	9de mai	12te mai	13de mai	14de »	21de »
1888—89	9de »	3die jan.	16de »	24de »	15de »	30te apr.	(2den mai)	8de »	(1ode mai)	12te »
1889—90	1ste dec.	31te dec.	1ode febr.	12te febr.	18de »	1ste »	5te apr.	21de apr.	(26de apr.)	4de »
1890—91	29de nov.	14de dec.	30te dec.	2den jan.	1ode jan.	1ste mars	2den mars	24de »	(30te apr.)	8de »
1891—92	27de »	1ode jan.	(15de jan.)	18de »	24de »	15de apr.	(17de apr.)	(21de apr.)	(25de »)	1ste »
1892—93	12te dec.	(30te dec.)	13de »	14de »	15de »	12te apr.	(15de »)	(20de »)	(25de »)	5te »
1893—94	27de nov.	8de jan.	(1ste febr.)	19de febr.	<i>aabent hele vinteren</i>	22de febr.	(28de febr.)	3die mars	3die mars	3die »
1894—95	1ode dec.	13de »	22de jan.	24de jan.	26de jan.	23te apr.	(25de apr.)	(28de apr.)	(1ste mai)	7de »
1895—96	26de nov.	(20de dec.)	31te dec.	7de »	<i>aabent sondenfor Helgeen hele vinteren</i>	20de jan.	20de jan.	17de apr.	30te apr	5te »
1896—97	—	22de dec.	9de jan.	29de »	2den febr.	27de apr.	1ste mai	2den mai	4de mai	1ode »
1897—98	—	7de jan.			<i>aabent hele vinteren</i>				(8de »)	12te »
1898—99	25de nov.	31te dec.	8de jan.	24de jan.	27de jan.	12te mai	12te mai	12te mai	14de »	16de »
1899—1900	—	1ode jan.	—	1ste febr.	6te febr.	27de apr.	4de »	—	—	13de »
Gjennemsnitl.	27de nov.	26de dec.	8de jan.	23de jan.	29de jan.	22de apr.	24de apr.	1ste mai	6te mai	11te mai

(De i parentes trykte data er ikke iagttagne, men er antagne som sandsynlige data for, naar isbegningen eller isløsningen har fundet sted. I de fleste tilfælde ligger disse data mellem de observerede, saaledes, at sandsynligheden for, at de er rigtige, ikke kan differere mere end i det hoieste et par dage).

1889—90.

Iskrav i elven 31te dec.,
elven islagt 30te jan.,
elven aaben 15de mars.

1890—91.

Elven islagt 30te dec.,
elven aaben 30te jan.,
elven islagt 13de febr.,
elven aaben 17de febr.

1891—92.

Elven islagt 1ste jan.
elven aaben 8de jan.,
elven islagt 12te jan.,
elven aaben 17de mars.

1893—94.

Elven islagt 2den dec.,
elven aaben 6te dec.,
elven islagt 2den jan.,
elven aaben 8de jan.,
elven islagt 13de febr.,
elven aaben 27de febr.

1894—95.

Elven islagt 30te dec.,
elven aaben 3die jan.,
elven islagt 8de jan.,
elven aaben 26de mars.

1895—96.

Elven islagt 25de dec.,
elven aaben 25de jan.,
elven islagt 15de febr.,
elven aaben 23de febr.

1896—97.

Elven islagt 16de dec.,
elven aaben 1ste jan.,
elven islagt 16de jan.,
elven aaben 5te mars,
elven islagt 12te mars,
elven aaben 22de mars,
isgang i elven 21de april.

1897—98.

Elven islagt 6te febr.,
elven aaben 1ode febr.,
elven islagt 7de mars,
elven aaben 14de mars.

1898—99.

Elven islagt 16de dec.,
elven aaben 26de dec.,
elven islagt 1ste jan.,
elven aaben 11te jan.,
elven islagt 18de jan.,
elven aaben ?,
elven islagt 19de mars,
elven aaben 27de mars.

Hurdalssjøen.

Beliggenhed: 60° 20' n. br. Størrelse: 33,7 km². Høide: over havet 175 m.

Nøiagtige lodninger i Hurdalssjøen foreligger ikke. Efter opgivende skal sjøen i den søndre del have lange grunder, som strækker sig langt ud fra land. I den nordre del skal den imidlertid være dyb paa enkelte steder.

Sjøen islægges hvert aar.

Efter opgivende pleier islægningen i regelen at finde sted i midten af december.

Den har gaaet op paa følgende data:

1890 4de mai	1895 4de mai
1891 13de »	1896 7de »
1892 4de »	1897 3die »
1893 3die »	1898 12te »
1894 3die »	1899 13de »

Efter dette skulde de normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Hurdalssjøen være henholdsvis midten af dec. og 7de mai.

Einavatnet

i Gran.

Beliggenhed $60^{\circ} 34'$ n. br. Størrelse = $12,7 \text{ km}^2$. Høide o. h. = 394 m.

I schemaerne for nedbørsobservationerne findes følgende data for islægningen og isløsningen i Einavatnet.

Islægning.	Isløsning.
1896—97 30te novbr.	8de mai
1897—98 1ste dec.	22de »
1898—99 } beg. 23de novbr.	22de »
} helt 16de dec.	
1899—1900 28de novbr.	18de »
Gjennemsnitl. 4de dec.	17de »

Randsfjorden.

Beliggenhed fra $60^{\circ} 15'$ — $60^{\circ} 48'$ n. br. Størrelse = $136,4 \text{ km}^2$ Høide over havet = 132 m. Største dyb = 108 m.

Efter *Kjerulfs* og *Hellands*¹ opgaver hidsættes følgende tal angaaende dybdeforholdene i Randsfjorden:

¹ *Helland*: Beliggenheden af Moræner o. s. v., I. c. *Kjerulf*: Fortsatte bemærkninger om Reliefforholde, (Videnskabselskabets Forhandling, 1881 nr. 1).

Fra Sørumsund, 34 km. fra sydenden, til Rakstad, 16 km. fra søndre ende, er med 2 km. mellem hvert lodskud fundet følgende dyb:

38 m.	66 m.
24 m.	63 m.
47 m.	108 m.
51 m.	66 m.
74 m.	57 m.

For Randsfjordens vedkommende er af Drammens-Randsfjordske dampskibsselskab velvilligst meddelt følgende data for islægning og is-løsning:

Vinteren aar	Islægning.		Isløsning.
	Fra Odnæs til Rodnæs	Fra Rodnæs til sydenden	Islosningen naaet til Odnæs (nordenden)
1882—83			9de mai
1883—84	1ste decbr.	3die jan.	11te mai
1884—85	26de novbr.	25de decbr.	8de mai
1885—86	15de novbr.	7de jan.	28de april
1886—87	2den decbr.	31te decbr.	5te mai
1887—88	11te novbr.	25de decbr.	17de mai
1888—89	1ode novbr.	15de jan.	9de mai
1889—90	14de novbr.	30te jan.	6te mai
1890—91	22de novbr.	27de decbr.	15de mai
1891—92	20de novbr.	11te jan.	4de mai
1892—93	21de novbr.	31te decbr.	26de april
1893—94	11te novbr.	5te jan.	30te april
1894—95	1ste decbr.	9de jan.	6te mai
1895—96	21de novbr.	24de decbr.	30te april
1896—97	12te novbr.	8de jan.	4de mai
1897—98	27de novbr.	7de febr.	2den mai
1898—99	26de novbr.	5te jan.	16de mai
Gjennemsnitlig	21de novbr.	7de jan.	6te mai

Randsfjorden har følgelig været islagt samtlige 17 aar, hvorover observationer haves. Gjennemsnitlig har den øverste del lagt sig 21de novbr., og hele sjøen har været aaben igjen 6te mai. Gjennemsnits-

datoen for, naar hele sjøen pleier at blive islagt, er 7de jan., og efter opgivende pleier isløsningen at begynde ved den sydlige ende 2 à 3 dage, før den naar op til nordenden til Odnæs.

Sperillen.

Beliggenhed fra 60° 22' til 60° 33' n. br. Størrelse = 25,1 km². Hoide o. h. = 151 m.
Største dyb = 108 m.

Efter Helland¹ hidsættes følgende dyb: Fra nordre til søndre ende med 2 km. mellemrum mellem lodskuddene er dybet:

11 m.	58 m.
64 »	56 »
42 »	85 »
35 »	108 »
20 »	58 »
81 »	

I kanalvæsenets vandstandsboøger er anmerket følgende data for islægning og isløsning paa Sperillen:

	Islægning.	Isløsning.
1882—83	?	7de mai.
1883—84	?	11te mai.
1884—85	28de dec.	2den mai.
1885—86	3die jan.	13de mai.
1893—94	?	2den mai.
1895—96	28de dec.	?
1897—98	?	1ode mai.
1898—99	?	1ode mai.
1899—1900	4de jan.	8de mai.
Gjennemsnitlig	1ste jan.	8de mai.

Om isløsningen paa Sperillen 1898 findes noteret: »Isen paa Sperillen løsenede og forsvandt 1ode mai, saa der fandtes enkelte isflag 11te mai, men disse var ud paa aftenen ganske forsvundet«.

¹ Helland; l. c.

Efter opgivende pleier sjøen altid at islægge sig de sidste dage af december eller de første af januar, hvilket stemmer med de 4 observerede aar. Man kan derfor sætte normaldatoerne for, naar Sperillen fryser til og gaar op, omkring 1ste jan. og 8de mai.

Krøderen.

Beliggenhed fra $60^{\circ} 7' - 60^{\circ} 33,5'$ n. br. Størrelse = $41,4 \text{ km}^2$. Høide o. h. = 132 m.
Største kjendte dyb = 31 m.

Efter Helland¹ hidsættes følgende dyb i den sydlige del af Krøderen:

Fra Bjørre til sydenden med omtrent 2 km.s afstand mellem lodskuddene:

12 m.	31 m.
20 »	11 »
20 »	13 »
15 »	21 »

Paa det meteorologiske instituts nedbørsschemaer findes følgende data for islægning og isløsning ved sjøen.

Aar.	Islægning.			Isløsning.	Anmerkning.
	Fra Sydenden til Skinnesund.	Fra Skinnesund til Noresund.	Fra Noresund til sjøenden.		
1895—96	25de novbr.	9de dec.	—	30te april.	17de mai helt aaben.
1896—97	21de novbr.	3die dec.	8de dec.	6te mai.	
1897—98	1ste decbr.	23de dec.	23de dec.	10de mai.	
1898—99	8de decbr.	17de dec.	24de dec.	12te mai.	
1899—1900					
Gjennemsnitts-data	— 29de novbr.	— 13de dec.	— 18de dec.	— 7de mai.	8de mai.

Fra lokalkjendte har man faaet oplysninger om, naar sjøen pleier at islægge sig, og naar den pleier at gaa op. Efter disse oplysninger skulde Krøderen begynde at islægge sig i begyndelsen af december. I den øvre del af sjøen skulde islægningen pleie at foregaa ved juletider.

¹ l. c.

Den opgivne tid for isløsningen stemmer overens med gennemsnitsdatoen for de 4 aar. Sammenholdes disse oplysninger med de observerede data i det meteorologiske instituts schemaer, skulde vi som et sandsynligt tidspunkt for, naar sjøen fryser til i sin sydlige del, kunne antage en af de første dage i december og for, naar sjøen fryser helt til, omkring 20de december. Det normale tidspunkt for isløsningen kan antages at være omkring 7de mai.

Soneren.

Beliggenhed: 60° 4' n. br. Størrelse = 8,07 km.² Hoide o. h. = 118 m.
Største dyb = 40 m.

Efter Helland hidsættes følgende dyb fra nord til syd med 1 km.s afstand:

12 m.	40 m.
35 »	38 »
39 »	35 »
40 »	4 »
40 »	6 »

I kanalvæsenets vandstandsbøger findes følgende data for islægning og isløsning paa Soneren:

	Islægning.	Isløsning.
1887—88	13de novbr.	3die mai.
1888—89	7de novbr.	3die mai.
1889—90	29de novbr.	2den mai.
1890—91	23de novbr.	12te mai.
1891—92	19de novbr.	—
1892—93	—	25de april.
1893—94	8de novbr.	28de april.
1894—95	3die dec.	29de april.
1895—96	26de novbr.	26de april.
1896—97	12te novbr.	30te april.
1897—98	25de novbr.	1ode mai.
1898—99	23de novbr.	1ode mai.
1899—1900	4de decbr.	8de mai.
Gennemsnitsdata	21de novbr.	2den mai.

Tyrifjorden.

Beliggenhed $60^{\circ} 2' \text{ n. br.}$ Størrelse $133,8 \text{ km.}^2$ Høide over havet = 63 m.
 Største dyb = 281 m.^1

I kanalvæsenets arkiv findes i vandstandsboøgerne fra Skjærdalen anmerket følgende data for islægning og isløsning:

Aar.	Islægning.	Isløsning.
1888—89	21de jan., men den løsnede ² ved en storm 25de jan., islagdes paanyt 11te febr.	22de april.
1889—90	11te febr.	10de april.
1890—91	2den jan.	11te mai.
1892—93	9de jan.	14de april.
1893—94	13de jan., men aaben 18de jan., islagdes paanyt 1ste febr.	
1894—95	23de jan.	27de april.
1895—96	1ste jan.	20de april.
1896—97	21de jan.	1ste mai.
1897—98	9de mars.	16de mars.
1898—99	19de jan.	29de april.
1899—1900	3die febr.	25de april.
Gjennemsnittsdata	24de jan.	20de april.

Tyrifjorden har følgelig været islagt alle de 10 aar, hvorover observationer haves, men 1897—98 kun 7 dage. Efter opgivende fra lokal-kjendte folk skal det hælde enkelte aar, at fjorden ikke lægger sig; men det er meget sjelden. Antages gjennemsnittsdataerne for de opførte 10 aar at være normaldataerne for islægningen og isløsningen paa Tyrifjorden, bliver disse: 24de jan. og 10de april.

Dataerne sandsynliggjøres, hvis man sammenligner Tyrifjordens isforhold i de opgivne 10 aar med Mjøsens.

¹ Efter Broch: Stat. Aarbog 1871, pag. 351.

² Sammenlign Mjøsens islægning 1889, pag. 29.

Fra vinteren 1898—99 haves følgende data for islægning og isløsning ved Tyrifjorden:

	Islægning.	Isløsning.
Tyrifjorden	18de jan.	29de april
Holsfjorden	20de jan.	25de april
Stensfjorden	15de dec.	5te mai
Storelven	19de dec.	10de april

Vi ser, at islægningen foregik sidst og isløsningen først paa Holsfjorden.

Ekern.

Beliggenhed: 59° 39' n. br. Størrelse: 29 km.² Høide over havet: 19 m. Største dyb 158 m.

Sjøen har efter *Kjerulf*¹ følgende dyb nordenfra sydover:

8 m.	157 m.
12 »	158 »
11 »	148 »
19 »	128 »
96 »	73 »
138 »	35 »

Data for islægning og isløsning paa Ekern findes ikke noteret. Paa forespørgsel har lokalkjendte opgivet, at sjøen oftest er aaben hele vinteren, og naar den lægger sig, sker dette aldrig før ud i januar maaned. I 1899 blev Ekern islagt i første halvdel af februar og gik op 22de april. Sjøen skal, de aar den har været islagt, altid pleie at gaa op i april maaned. Normaldata for islægning og isløsning paa Ekern kan saaledes ikke meddeles.

Det ved et smalt sund i forbindelse med Ekerensjøen staaende *Fiskumvatn*, som er et ganske grundt vand, fryser derimod til hver høst i november maaned. I en gammel beretning af 1743 skal det ifølge *Vibe*² hede, at Ekern aldrig lægger sig, medmindre man har en streng snevinter.

¹ *Kjerulf*: Fortsatte bemærkninger om Reliefforholde pag. 5.

² *J. Vibe*: Norges land og folk, Buskeruds amt p. 268.

Myklevatn i Sandsvær.

Beliggenhed: 59° 26' n. br. Størrelse: 5,2 km.² Høide over havet: 447 m.

Paa nedbørsschemaerne i det meteorologiske institut findes følgende data for islægningen og isløsningen paa Myklevatnet.

	Islægning.	Isløsning.
1895—96	20de novbr.	8de mai.
1897—98	—	25de mai.
1898—99	8de dec.	19de mai.

Efter opgivende af forstmester Aars, Larvik, pleier vandet at islægges sidste halvdel af november og gaa op i midten af mai. Dette stemmer med de 3 observerede aar.

Farrisvatn.

Beliggenhed 59° 7' n. br. Størrelse 21,9 km.² Høide over havet 21 m.
Største dyb 131 m.

Efter *Helland*¹ hidsættes følgende dyb i den sydlige del af vandet nordover til Lysnæs. Der er ca. 600 m.s afstand mellem lodskuddene:

31 m.	92 m.
81 »	76 »
131 »	61 »
131 »	50 »
116 »	57 »
82 »	42 »
120 »	38 »

Efter opgivende af forstmester Aars, Larvik, pleier vandet at islægges i første halvdel af januar og gaa op i sidste halvdel af april. Bestemte data haves ikke noteret for islægningen og isløsningen paa Farrisvatnet, men efter det oplyste skulde følgelig de normale tidspunkter være: Omkring 7de jan. — omkring 20de april.

¹ l. c.

Indsjøerne i Fredrikshaldsvasdraget.

Fra disse sjøer har man ikke for hver enkelt opgave over, naar vedkommende sjø pleier at fryse til, og naar den pleier at gaa op. Men af de data, som findes over, naar trafikken i kanalen er blevet stanset af is om høsten, og naar den har kunnet begynde om vaaren, fremgaar det, naar islægning og isløsning har foregaaet paa en strækning af det kanaliserede vasdrag.

Vinteren 1893—94 kunde dampskibene passere Strømfos sluser 9de april, men ikke Ørje sluser før 16de april.

Vinteren 1894—95 maatte trafikken stanse 29de novbr. ved Ørje og 29de dec. ved Strømfos. Trafikken kunde begynde ved Strømfos 2den mai og ved Ørje 14de mai.

Vinteren 1895—96 maatte trafikken stanse saavel ved Ørje som ved Strømfos 30te novbr. og ved Krappeto 10de dec. Den kunde begynde ved Krappeto igjen 16de april, ved Strømfos 19de april og ved Ørje 24de april.

Vinteren 1896—97 stansede trafikken ved Ørje 14de novbr., ved Strømfos og Krappeto 5te dec. Den begyndte ved Krappeto 26de april, ved Strømfos og Ørje 29de april.

Vinteren 1897—98 stansede trafikken ved Ørje og Strømfos 18de dec. og ved Krappeto 21de dec. Ved nytaar gik sjøerne op igjen, og trafikken kunde fortsætte til 4de febr., da sjøerne frøs paanyt. 18de april kunde trafikken begynde igjen.

Vinteren 1898—99 stansede trafikken til Ørje og Strømfos 30te novbr. og til Krappeto 30te dec. Den kunde begynde igjen 19de april.

Vi faar følgende data:

1. *For de øvre sjøer i Fredrikshaldsvasdraget:*

	Islægning.	Isløsning.
1893—94	—	16de april.
1894—95	29de novbr.	14de mai.
1895—96	30te novbr.	24de april.
1896—97	14de novbr.	29de april.
1897—98	18de dec.	18de april.
1898—99	30te novbr.	19de april.
Gjennemsnittsdata	1ste dec.	25de april.

2. *For de nedre sjøer i Fredrikshaldsvasdraget.*

	Islægning.	Isløsning.
1893—94	—	9de april.
1894—95	29de dec.	2den mai.
1895—96	10de dec.	19de april.
1896—97	5te dec.	26de april.
1897—98	21de dec.	18de april.
1898—99	20de dec.	15de april.
Gjennemsnittsdata	17de dec.	20de april.

Da det pleier at vare nogle dage, efterat skibene er sat paa vandet, før isløsningen indtræffer, skulde de normale tidspunkter for, naar de øvre sjøer i Fredrikshaldsvasdraget islægges, være begyndelsen af december, og for isløsningen i de sidste dage af april.

For de nedre sjøer i vasdraget skulde islægningen pleie at finde sted noget over midten af december, og isløsningen pleie at foregaa omkring 23de april.

Vannsjø ved Moss.

Beliggenhed $59^{\circ} 25'$ n. br. Størrelse 43,3 km.² Hoide o. h. 24 m. Største dyb 37 m.

Efter *Helland*¹ skal Storfjorden for det meste udvise 20 m.s dyb, kun paa 2 steder var dybden 36 og 37 m.

Hr. stadsingeniør Stabell, Moss, har velvilligst meddelt af protokollen for Sponviksdammens regulering nedenstaaende data for islægningen og isløsningen paa Vannsjø:

¹ l. c.

Aar	Islægning begyndt	Isløsning	Isens største tykkelse i vinterens løb
1886—87	20de novbr.	25de april	17de jan. var isen 0,31 m. tyk
1887—88		31te »	14de febr. 0,57 m.
1888—89	18de novbr.	19de »	26de » 0,53 m.
1889—90	12te »	—	15de » 0,57 m.
1890—91	25de »	15de april	
1891—92	19de »	19de »	
1892—93	21de »	31te mars	9de mars 0,36 m.
1893—94	9de »	15de »	15de febr. 0,32 m.
1894—95	17de dec.	18de april	
1895—96	12te novbr.	25de »	20de jan. 0,40 m.
1896—97	8de »	26de »	24de mars 0,40 m.
1897—98	17de »	22de »	
1898—99	24de »	14de »	
1899—1900	6te dec.	25de »	
Gennemsnitsdata	20de novbr.	17de april	

Som man ser, har islægningen gennemsnitlig begyndt 20de novbr. Antages, som ogsaa oplyst af lokalkjendte, at islægningen pleier at kræve nogle dage for helt at udvikles paa denne grunde indsjø, er det sandsynligt, at det normale tidspunkt for islægningen er i den sidste halvdel af november, eller omkring 23de november.

Øieren.

Beliggenhed 59° 56' n. br. Storrelse 87,44 km.² Hoide o. h. 103 m.

Man har meget faa dybdemaalinger i Øieren, hvorfor dens dybdeforhold ikke kjendes. I den nordlige del er Øieren saa grund, at det til sine tider er meget vanskeligt at passere den i en almindelig baad, men søndenfor skal bunden paa enkelte steder falde noget raskere af.

Paa kanalvæsenets vandstandslistre fra Mørkfos findes følgende data for islægning og isløsning paa Øieren:

Vinteren, aar	Øieren islagt	Øieren gaat op
1861—62	13de dec.	8de april
1863—64	14de »	1ode mai
1864—65	—	3ote april
1868—69	—	25de »
1869—70	28de novbr.	—
1870—71	1ode dec.	—
1871—72	—	24de april
1872—73	12te dec.	—
1873—74	19de novbr.	—
1874—75	—	6te mai
1875—76	3ote novbr.	14de »
1876—77	1ste dec.	—
1877—78	17de »	29de april
1878—79	13de »	1ode mai
1879—80	—	27de april
1880—81	2ode novbr.	29de »
1881—82	2ode dec.	7de »
1882—83	26de novbr.	2den mai
1883—84	5te dec.	3ote april
1884—85	22de novbr.	28de »
1885—86	21de »	27de »
1886—87	3die dec.	19de »
1887—88	16de novbr.	15de mai
1888—89	22de »	3ote april
1889—90	1ste dec.	17de »
1890—91	27de novbr.	1ode mai
1891—92	24de »	—
1892—93	2den dec.	3die mai
1893—94	9de novbr.	17de april
1894—95	2den dec.	3die mai
1895—96	26de novbr.	29de april
1896—97	13de »	1ste mai
1897—98	27de »	1ste »
1898—99	16de dec.	29de april
1899—1900	7de »	3die mai
Gjennemsnittsdata	3ote novbr.	29de april

Øieren pleier at islægges først over sin nordlige del og sidst sydligst i sjøen.

Det maa derfor antages, at de ved Mørkfos observerede data ogsaa er data for, naar hele sjøen er islagt. Gjennemsnitsdatoerne for de observerede 34 aar maa derfor antages at være normaldata for, naar sjøen fryser helt til, og for, naar den gaar op.

Storsjøen i Odalen.

Beliggenhed: 60° 22' n. br. Størrelse: 46,5 km.² Høide o. h.: 130 m.

Ifølge *Broch*¹ er Storsjøens største dyb 19 m., og sjøen maa derfor betegnes som en meget grund sjø. Efter en anden opgave skal dybet gaa ned til 36 m.

Følgende data for islægning og isløsning paa Storsjøen er meddelt af lensmand Flotten:

Aar	Storsjøen islagt	Isløsning
1894—95	—	29de april
1895—96	9de novbr.	30te »
1896—97	5te »	28de »
1897—98	12te »	7de mai
1898—99	25de »	10de »
Gjennemsnitsdata	13de novbr.	3die mai

Sjøen pleier efter andre oplysninger fra lokalkjendte folk at islægges i midten af november og at gaa op i de første dage af mai, hvilket stemmer godt med de observerede 5 aar. Efter dette kan de normale tidspunkter for islægning og isløsning sættes til omkring 15de novbr. — omkring begyndelsen af mai.

Vermundsjøen, Aasnes Finskog.

Beliggenhed: 60° 41' n. br. Størrelse: 3,13 km.² Høide o. h.: 190 m.

I det meteorologiske instituts nedbørsschemaer findes følgende optegnelser over Vermundsjøens islægning og isløsning:

¹ J. c.

Aar	Islægning	Isløsning
1897—98	6te novbr.	17de mai
1898—99	1ode »	2ode »
Gjennemsnitsdata	8de novbr.	18de mai

Osen.

Beliggenhed: $61^{\circ} 6'5'' - 61^{\circ} 19'$ n. br. Størrelse: 47,05 km.² Hoide o. h.: 439 m.
 Største dyb: 109 m.

Fra nordenden sydover er med lige afstand mellem lodskuddene iagttaget følgende dyb i Osen:

10 m.	109 m.
31 »	90 »
68 »	95 »
69 »	102 »
72 »	105 »
57 »	90 »
37 »	98 »
52 »	40 »
52 »	25 »
52 »	17 »
28 »	20 »
89 »	21 »
65 »	20 »
102 »	8 »

Sydenden 0 »

Efter velvilligst opgivende af lensmand Sandaker meddeles følgende data for islægningen og isløsningen ved Osen:

Aar	Islægning	Isløsning
1889—90	—	12te mai
1890—91	22de decbr.	20de »
1891—92	27de »	18de »
1892—93	24de »	12te »
1893—94	26de »	3die »
1894—95	28de »	10de »
1895—96	24de »	12te »
1896—97	22de »	5te »
1897—98	3die jan.	29de »
1898—99	15de decbr.	28de »
Gjennemsnittsdata	25de decbr.	15de mai

De normale data for islægning og isløsning paa Osen kan saaledes sættes til

25de decbr. — 15de mai.

Storsjøen i Rendalen.

Beliggenhed: $61^{\circ} 24' - 61^{\circ} 41'$ n. br. Størrelse: $51,2 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 257 m.

Største dyb: 301 m.¹

Man har meget faa sikre data over islægningen og isløsningen paa denne dybe indsjø.

Fra lensmanden i Rendalen opgives islægningen de to sidste vintre saaledes:

1897—98 var sjøen aaben hele vinteren.

1898—99. Islægning: 1ste febr. Isløsning: 14de mai; allerede 15de mai var sjøen paa det nærmeste isfri.

Hvad det vanlige tidspunkt for islægningen angaar, saa stemmer de oplysninger, man har faat fra flere steder, overens i, at islægningen ikke pleier at foregaa før ud i januar, men i almindelighed lægger isen sig i slutten af januar eller de første dage af februar. Enkelte aar er, som allerede anført for 1897—98, sjøen aaben hele vinteren. Dette skal

¹ Efter Broch: Stat. Aarbog 1871, pag. 351.

imidlertid kun meget sjelden være tilfældet. En af mandskabet paa den dampbaad, som i sin tid gik paa Storsjøen, ved at berette herom, at sjøen var aaben hele vinteren kun 1 aar af alle de 15, han var ombord. Som en undtagelse fortælles, at sjøen engang for 3 slægtsled tilbage skal have lagt sig saa tidlig som ved juletider. Efter dette er der ingen sandsynlighed for, at sjøens normale islægningsdatum kan sættes før omkring 1ste februar, men efter det af lokalkjendte oplyste synes det ogsaa at være paa dette tidspunkt omtrent, at sjøen pleier at islægges.

Hvad tidspunktet for isløsningen angaar, opgives dette til den første halvdel af mai. Det kan, som anført, hænde, at sjøen er aaben hele vinteren, men det har ogsaa, som f. ex. i 1867, hændt, at sjøen har været islagt til henimod midten af juni. De sandsynlige normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Storsjøen skulde følgelig være omkring 1ste februar og 7de mai.

Paa den umiddelbart nordenfor Storsjøen, kun nogle faa meter højere liggende *Lomnæssjø* (6,4 km.² st.) lagdes isen i 1898 2den novbr., og sjøen blev aaben 16de mai. Sjøen skal som regel islægges i begyndelsen af november, og isløsningen i regelen foregaa i midten af mai.

Savalen.

Beliggenhed: 62° 16' n. br. Størrelse: 18,4 km.² Hoide o. h.: 725 m.

Fra lensmand Sandvold, Tønset, har man faat opgivet følgende data for islægning og isløsning paa Savalen:

Aar	Islægning	Isløsning
1877—78	—	26de mai
1878—79	18de novbr.	—
1882—83	—	26de mai
1883—84	18de novbr.	—
1884—85	—	5te juni
1885—86	—	30te mai
1886—87	13de novbr.	26de »

Aar	Islægning	Isløsning
1887—88	8de novbr.	—
1888—89	—	24de mai
1889—90	15de novbr.	24de »
1890—91	17de »	9de juni
1891—92	19de »	6te »
1892—93	—	27de mai
1893—94	—	10de juni
1894—95	12te novbr.	18de mai
1895—96	—	28de »
1896—97	11te novbr.	27de »
1897—98	28de »	5te juni
1898—99	16de »	12te »
1899—1900	30te »	—
Gjennemsnitsdata	17de novbr.	31te mai

Fæmunden.

Beliggenhed: $61^{\circ} 55' - 62^{\circ} 26'$ n. br. Størrelse: $204,6 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 673 m.
 Største dyb: 130 m.

Efter H. Ramms dybdemaalinger, hvilke velvilligst er stillet til afbenyttelse, er Fæmunden sammensat af to bassiner, adskilte ved en bank over sjøen, noget søndenfor midten, fra Tjernodden til Korsnæs. Den sydlige del har større og mindre odder, som nærmer sig hinanden fra begge sider. Dybden mellem spidserne af odderne varierer fra 44—56 m. og er gennemgaaende noget større end paa de steder, hvor bredderne er adskilt af bredere bassiner, der har jevn og horizontal bund. Dybden tiltager fra syd til ret ud for Bjørnberg, 17 km. fra sydenden, hvor maximumsdybet 130 m. findes. Nordenfor aftager dybden til den omtalte bank, hvor dybet kun er 10 m.

Nordenfor denne findes det nordlige bassins største dyb, 84 m., ret i vest for udløbet af Røa, men nordenfor dette sted stiger bunden raskt op til det sted, hvor sjøen deler sig i to arme: Sønderviken og Nordviken, hvor der ikke er større dyb end 33 m. Disse nordlige arme af sjøen er begge grunde, idet største dyb kun er 12 m.

Data vedkommende islægning og isløsning paa Fæmunden findes for de sidste aar anført paa det meteorologiske instituts nedbørsschemaer samt paa kanalvæsenets vandstandslister.

Videre har man modtaget velvillige meddelelser herom fra dampskibet Fæmunds direktion og fra lensmand Herstad, Røros. Sammenholdes de forskjellige meddelelser, faaes følgende data:

Vinteren, aar	Islægning begyndt paa enkelte vikere, saa dampskibsfarten har maattet stanse	Sjøen helt islagt	Isløsning
1886—87	—	—	28de mai
1887—88	16de novbr.	—	12te juni
1888—89	15de »	—	29de mai
1889—90	16de »	—	27de »
1890—91	17de »	—	6te juni
1891—92	20de »	—	7de »
1892—93	16de »	—	2den »
1893—94	17de »	—	20de mai
1894—95	16de »	—	26de »
1895—96	9de decbr.	18de decbr.	25de »
1896—97	3die »	14de »	27de »
1897—98	1ste »	5te jan.	8de juni
1898—99	23de novbr.	30te novbr.	9de »
1999—90	—	10de decbr.	10de »
Gjennemsniitsdata	22de novbr.	16de decbr.	2den juni

Som eksempel paa, hvor hurtig islægningen kan udvikles paa Fæmunden skal efter en iagttagers anmerkninger paa nedbørsschemaerne hidsættes nogle data:

I 1895 lagde »den halve del« af sjøen sig den 9de decbr., »resten« lagde sig 18de decbr.

I 1896 lagde »tre fjerdedele« sig 3die decbr., resten lagde sig 14de decbr.

I 1897 lagde en trediedel af sjøen sig 1ste decbr., resten lagde sig 5te januar.

I 1898 var der is paa nogle vikere af sjøen 22de novbr., og allerede 30te novbr. var hele sjøen islagt.

Regelen skal efter lokalkjendte folks udsagn være, at sjøen islægges paa vikere og grunde steder noget over midten af november, derefter

islægges det nordlige parti af sjøen, og umiddelbart herefter pleier det sydlige parti at islægges 8 dages tid før jul. Dette, ser vi, stemmer ganske med de udregnede gjennemsnittsdata, og derfor tør man sætte de normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Fæmunden til:

Islægningens begyndelse, 22de november. Hele sjøen islagt mellem omkring 16de december og 2den juni.

For de indsjøer, som ligger syd for Fæmunden, haves nogle data for islægningen 1898—99. Disse er:

	Hoide over havet	Størrelse	Islægning 1898	Isløsning 1899
Isteren	650 m.	41 km. ²	23de novbr.	5te juni
Galten	645 »	1 »	15de —	5te —
Solensjø	630 »	22 »	25de —	5te —
Engeren ¹	480 »	14 »	16de —	26de mai

Aursunden.

Beliggenhed: 62° 40' n. br. Størrelse: 44,4 km.² Hoide o. h.: 696 m. Største dyb: 36 m.

Aursunden er i det hele taget en grund indsjø. I den østligste arm, Brækkefjorden, er dybet i de inderste 3 km. saa ringe, at man kun kan komme frem med baad efter elvefaret. Fra Sjøvoldgaardene falder bunden jævnt og langsomt ned til et dyb af 22 m., ret ud for Kokvoldgaardene. Længere mod vest hæver bunden sig til midtfjords mellem Tamnæsset og Evavolden, hvor der kun er 7 m.s dyb. Derpaa falder atter bunden langsomt ned til sjøens bredeste parti, hvor det største dyb, 36 m., findes. Senere stiger bunden op og holder sig paa en lang strækning mellem 13—15 m., indtil den ved Vikodden atter hæver sig til 9 m., og i den vestligste arm er ikke dybet større end 5—6 m.

Man har noteret islægningsdatoerne ved Aursunden i aarene:

1898 23de novbr.

1899 1ste decbr.

1900 18de novbr.

Gjennemsnitlig 24de novbr.

¹ I Engersjøen er nordenfra til Hylleraasen dybden ikke over 66 m., sondenfor Rodaaen er den 76 m. Ud for Skogsvola er dybden 90 m., lidt sydligere findes det største dyb, 92 m.

Efter indhentede oplysninger skulde det vanlige være, at sjøen pleier at islægges omkring 20de novbr., hvilket stemmer med de 3 aars iagttagelser.

Følgende iagttagne data for isløsningen paa Aursunden er meddelt af lensmand Herstad:

1886	3die juni	1896	12te juni
1887	25de mai	1897	29de mai
1889	29de »	1898	9de juni
1895	21de »	1899	20de »

Gjennemsnittsdatum: 3die juni.

Isløsningen paa Aursunden foregaar, som man vil se, hvis man sammenligner de opgivne data med dem for isløsningen paa Fæmunden, noget senere end paa hin sjø.

Feragen.

Beliggenhed: 62° 31' n. br. Størrelse: 15,6 km.² Høide o. h.: 657 m.

Feragen slagdes i 1898 26de novbr., i 1899 1ste decbr. og i 1900 18de novbr. Sjøen skal i regelen islægges samtidig med Aursunden.

I 1899 foregik isløsningen paa Feragen 12te juni.

Flere mindre sjøer i Røros herred.

Gjennem lensmand Herstad er man blevet meddelt data for islægningen og isløsningen paa flere andre sjøer i Røros:

	Høide over havet	Størrelse	Aar	Islægning	Isløsning
Langen	747 m.	1 km. ²	1898—99	26de oktbr.	20de juni
Røragen	682 »	1,3 »	1898—99	8de novbr.	20de »
Tufsingen	785 »	1,4 »	1898—99	23de »	22de »
Rambergsjøen	642 m.	3 km. ²	1896—97	—	26de mai
			1897—98	27de oktbr.	29de »
			1898—99	31te »	20de juni
			1899—1900	10de novbr.	

Gjevilvatn i Opdal.

Beliggenhed: 62° 42' n. br. Størrelse: 20,9 km.² Høide o. h.: 663 m.

Efter opgivende af lensmand Bjerke pleier islægningen paa Gjevilvatn i almindelighed at foregaa i sidste halvdel af november.

Isløsningen pleier som regel at finde sted i sidste halvdel af mai; i 1899 var der en meget sen isløsning, idet vandet først gik op 18de juni.

Paa *Skarvatnet* i Opdal, (2,2 km.² stort, 880 m. o. h.) var isen endnu 18de juni 1899 saa sterk, at heste, som gik paa beite, kunde gaa paa den. Efter ældre optegnelser laa isen paa et tjern tæt ved Skarvatnet hele sommeren 1835. I 1849 laa isen paa Skarvatnet til 2den juli. 1866, 67 og 72 laa isen ogsaa langt ud paa sommeren. I regelen gaar Skarvatnet op i de sidste dage af mai.

Fra Lesje og Dovre

haves om islægningen og isløsningen 1898—99 følgende data:

	Høide over havet	Størrelse	Islægning	Isløsning
Vaalesjøen, Dovre	ca. 900 m.	1 km. ²	15de oktbr.	1ste juni
Afsjøen, Dovre	910 »	1,1 »	15de —	1ste »
Lesjeskogsvand	625 »	5,5 »	21de novbr.	

Ottavatn.

Beliggenhed: 61° 51' n. br. Størrelse: 27,5 km.² Høide o. h.: 351 m., Største dyb: 72 m.

I den vestlige del af Ottavatn er dybet meget ringe. Man kan her under almindelig sommervandstand paa de fleste steder ikke komme frem med baad udenfor elfefaret. Østenfor Garmo i det egentlige Vaagevatn falder bunden forholdsvis raskt af ned til det største dyb, 72 m., ret ud for gaarden Grev. Herfra stiger bunden langsomt op, indtil dybet paa de østlige par km. af vandet holder sig mellem 3 og 6 m.

For islægningen paa Vaagevatnet er gjenņem lensmand Listad meddelt følgende data, observerede af skogvogter Knud Grev:

Vinteren, aar	Islægning	Vinteren, aar	Islægning
1871—72	25de novbr.	1882—83	23de novbr.
1872—73	22de »	1886—87	13de decbr.
1874—75	24de »	1888—89	6te novbr.
1875—76	26de »	1890—91	20de decbr.
1876—77	1ste decbr.	1891—92	29de novbr.
1877—78	4de »	1892—93	8de decbr.
1878—79	1ste »	1895—96	15de »
1879—80	2den »	1896—97	3die »
1880—81	19de novbr.	1897—98	2den »
1881—82	30te jan.	1898—99	26de novbr.

Gjennemsnitlig 3die decbr.

Om isløsningen findes paa nedbørsschemaerne i det meteorologiske institut følgende data:

Aar	Isløsning
1896—97	25de april
1897—98	30te april
	helt isfrit 12te mai
1898—99	17de mai

Vandet opgives af lokalkjendte at gaa op noget før midten af mai. I aarene 1896—97 og 1897—98 synes isløsningen at have været noget sen. Man kan efter det oplyste sætte de normale tidspunkter for islægning og isløsning til

3die decbr. — ca. 10de mai.

Bygdin.

Beliggenhed: 61° 21' n. br. Størrelse: 45,8 km.² Høide o. h.: 1062 m. Største dyb: 215 m.

Efter *Helland*¹ hidsættes nogle dybder fra den vestlige ende indtil ret ud for Hestvoldene:

¹ »Dybderne i nogle indsjøer i Jotunfjeldene og Telemarken«, Norges geologiske undersøgelses aarbog 1892—95 side 93.

40 m.	146 m.
86 »	120 »
111 »	194 »
142 »	215 »

Sikre data for islægningen og isløsningen paa Bygdin haves kun for vinteren 1898—99, da sjøen islagdes omtrent 5te januar og isløsningen begyndte 24de juni og varede til 1ste juli, da sjøen blev helt isfri.

Ifølge indhentede oplysninger fra flere kanter er lokalkjendte enige i, at islægningen som regel pleier at foregaa i slutten af december eller de første dage af januar, og at isløsningen pleier at foregaa i midten af juni — eller enkelte aar nogle dage senere.

Sandsynligt tidspunkt for vanlig islægning paa Bygdin er saaledes: omkring 27de decbr., og sandsynligt tidspunkt for isløsning er: omkring 17de juni.

Vinstern i Valdres.

Beliggenhed: 61° 19' n. br. Størrelse: 28,1 km.² Hoide o. h.: 1016 m.

Efter velvillige oplysninger fra lensmand Rogen pleier islægningen paa Strømvatnene at finde sted omkring 25de oktober og isløsningen omkring 15de juni.

I 1898—99 fandt islægningen og isløsningen sted:

7de novbr — 25de juni.

Øiangen ved Beito.

Beliggenhed: 61° 13' n. br. Størrelse: 6,9 km.² Hoide o. h.: 730 m.

De paa nedbørsschemaerne og fra andre kilder indhentede data angaaende islægning og isløsning paa Øiangen anføres her:

Aar	Islægning	Isløsning
1895—96	—	15de mai
1896—97	5te novbr.	30te »
1897—98	4de »	31te »
1898—99	23de »	10de juni
Gjennemsnittsdata	10de novbr.	29de mai

Efter meddelelser fra lensmand Rogen skal Øiangen pleie at islægges i første halvdel af novbr. og gaa op i sidste halvdel af mai. Dette stemmer for islægningens vedkommende med de iagttagne 3 aar. Isløsningen i 1899 betegnes som usædvanlig sen, og man kan derfor sætte den normale islægning til et noget tidligere tidspunkt end den udregnede gennemsnitsdatum. Sandsynlige tidspunkter for islægning og isløsning synes derfor at være omkring dagene: 10de novbr. og 25de mai.

Islægning og isløsning 1898—99 paa nogle andre vande i Østre Slidre.

	Størrelse	Islægning	Isløsning
Heggevatn	3 km. ²	5te novbr.	1ste juni
Valbufjorden	4,2 »	23de »	25de mai
Haavefjorden	1,3 »	15de »	22de »

Tyin.

Beliggenhed: 61° 16' n.br. Størrelse: 35,1 km.² Høide o. h.: 1078. Største dyb: 100 m.

Efter *Helland*¹ hidsættes følgende dyb fra den sydlige ende til den nordlige midtfjords, med omtrent 1500 m.s afstand mellem lodskuddene:

69 m.	65 m.
50 »	38 »
100 »	26 »
71 »	13 »
	4 »

Sikre data for islægning og isløsning paa Tyin haves ikke, men ifølge meddelelse fra lensmand Thune i Vang pleier sjøen at lægge sig i slutningen af november eller de første dage af december. Isløsningen, der i 1898 ikke fandt sted før i juli, og i 1899 fra 24de juni, da den begyndte, til 16de juli, da hele sjøen var aaben, betegnes for disse aar

¹ l. c.

som usædvanlig sen, idet det almindelige skal være, at sjøen gaar op i den sidste halvdel af juni.

Efter dette skulde de sandsynlige normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Tyin være omkring 1ste decbr. — 20de juni.

Vangsmjøsen.

Beliggenhed: $61^{\circ} 9' \text{ n. br.}$ Størrelse: $17,5 \text{ km.}^2$ Hoide o. h.: 470 m.

Paa de fra den meteorologiske station i Vang indsendte schemaer findes optegnet følgende data for islægning og isløsning paa Vangsmjøsen:

Isløsning:

1896 6te febr.

1898 10de mai.

1899 13de »

Islægning:

1896 20de decbr.

Ifølge meddelelse fra lensmand Thune pleier Vangsmjøsen i regelen at islægges mellem jul og nyttaar, men enkelte aar ikke før ud i januar maaned.

Isløsningen pleier at finde sted i sidste halvdel af april eller begyndelsen af mai. I 1899, da der var en sen isløsning, begyndte samme i førstningen af mai og varede til 19de mai, da sjøen var ren for is. Det kan, som i 1896, hænde, at isen brydes op under sterke N.V.lige vinde. De iagttagne data er for faa til, at man kan udregne gennemsnitsdata for islægning og isløsning.

Slidrefjorden.

Beliggenhed: $61^{\circ} 6' \text{ n. br.}$ Størrelse: $12,4 \text{ km.}^2$ Hoide o. h.: 364 m.

De nøiagtige iagttagelser over Slidrefjordens islægnings- og isløsningsdata, som i 30 aar regelmæssig er udførte af den utrættelige naturforsker, distriktslæge Printz i Vestre Slidre, er velvilligst meddelte og hidsættes:

Aar	Islægning	Isløsning
1870—71	27de novbr.	16de mai
1871—72	19de »	16de »
1872—73	30te »	14de »
1873—74	27de »	16de »
1874—75	24de »	11te »
1875—76	18de »	16de »
1876—77	11te »	27de »
1877—78	23de »	30te april
1878—79	28de »	24de mai
1879—80	16de »	14de »
1880—81	11te »	30te »
1881—82	2den decbr.	1ode »
1882—83	18de novbr.	15de »
1883—84	5te decbr.	23de »
1884—85	23de novbr.	19de »
1885—86	20de »	21de »
1886—87	3die decbr.	7de »
1887—88	15de novbr.	24de »
1888—89	12te »	13de »
1889—90	30te »	15de »
1890—91	27de »	20de »
1891—92	21de »	1ode »
1892—93	25de »	29de april
1893—94	26de »	2den mai
1894—95	8de decbr.	13de »
1895—96	21de novbr.	5te »
1896—97	20de »	14de »
1897—98	1ste decbr.	23de »
1898—99	24de novbr.	19de »
1899—1900	16de decbr.	
Gjennemsnittsdata	24de novbr.	15de mai

Efter 30 aars observationer kan saaledes de normale data for islægningen og isløsningen paa Slidrefjord sættes til:

24de novbr. — 15de mai.

Indsjøer i Aal og Hol, Hallingdal.

Iagttagelser af data for islægningen og isløsningen 1898—99 ved flere indsjøer i Hallingdal er velvilligst tilstillede af lensmændene Ecktell og Hammersbøen. Disse data hidsættes:

	Hoide o. h.	Størrelse	Islægning	Isløsning
Strandefjorden, nedre	440 m.	4,3 km. ²	15de novbr.	15de mai
Holsfjorden	538 »	1,3 »	10de »	29de »
Strandefjorden, øvre	947 »	17,8 »	24de »	23de juni
Sundalsfjorden	727 »	2,2 »	20de oktbr.	7de »
Djupsvatn	1114 »	26,8 »	beg.afnovbr.	24de »
Ustavatn	1019 »	4,0 »	} slutten af novbr.	22de »
Stødlevatn	1020 »	6,5 »		24de »
Flevatn	?	2,5 »	—	23de »
Gjøranaasvatn	1130 »	6,8 »	—	23de »
Røungvatn	880 »	3,3 »	—	20de »

De oplysninger om, naar islægningen vanligvis pleier at foregaa paa disse høitliggende fjeldvand, hvoromkring folk sjelden færdes, er saa forskjellige, at man ikke vover at opsætte normale tidspunkter.

Nogle islægnings- og isløsningsdata for det lille *Tuftevatn* (848 m. o. h.) er anmerket paa de fra Tufte nedbørsstation indsendte schemaer. Disse er:

Aar.	Islægning	Isløsning.
1895—96	22de oktbr.	13de mai
1896—97	29de »	31te »
1897—98	7de novbr.	10de juni
1898—99	15de »	6te »
1899—1900	—	2den »
Gjennemsnitlig	3die novbr.	1ste juni

Norefjord i Numedal.

Beliggenhed: $60^{\circ} 12'$ n. br. Størrelse: 5,4 km.² Høide o. h.: 275 m.

I 1898—99 fandt islægningen og isløsningen paa Norefjord sted: 18de novbr. og 15de mai.

Paa *Tunhøvedfjorden* gik isen væk 31te mai.

Nogle data for islægning og isløsning findes paa schemaerne fra nedbørsstationen *Fjøslien* (486 m. o. h.) i Rollag, Numedal. Dataerne er:

Aar	Islægning	Isløsning
	Vand og tjern helt tilfrosne:	Vand og tjern rene for is:
1895—96	28de oktbr.	12te mai
1896—97	26de »	19de »
1897—98	3die novbr.	29de »
1898—99	22de »	31te »
Gjennemsnitlig	4de novbr.	23de mai

II. Indsjøer i Telemarken.

Norsjø.

Beliggenhed: $59^{\circ} 17'$ n. br. Størrelse: 59,7 km.² Høide o. h.: 15 m. Største dyb 176 m.

Fra Fen ned mod Olsbrygge er af *Helland*¹ iagttaget følgende dyb

175 m.

176 »

175 »

Fra overingeniør Borchgrevink, Skien, er velvilligst meddelt følgende data over islægningen og isløsningen paa Norsjø:

¹ l. c.

Aar	Islægning	Isløsning
1863—64	1ste febr.	15de april
1864—65	3die »	22de »
1865—66	aabent	
1866—67	8de jan.	29de »
1867—68	10de »	30te mars
1868—69	aabent	
1869—70	9de febr.	26de april
1870—71	13de jan.	10de »
1871—72	aabent	
1872—73	aabent	
1873—74	aabent	
1874—75	19de jan.	20de »
1875—76	7de »	21de »
1876—77	31te decbr.	3die mai
1877—78	aabent	
1878—79	22de jan.	25de april
1879—80	15de »	1ste »
1880—81	12te »	10de mai
1881—82	aabent	
1882—83	23de febr.	14de april
1883—84	aabent	
1884—85	23de febr.	15de mars
1885—86	is i	mars
1886—87	aabent	
1887—88	9de febr.	3die mai
1888—89	23de »	23de april
1889—90	aabent	
1890—91	12te febr.	20de »
1891—92	is i febr.	og mars
1892—93	3die febr.	6te april
1893—94	aabent	
1894—95	9de febr.	17de »
1895—96	aabent	
1896—97	4de febr.	15de »
1897—98	aabent	
1898—99	nogen is i	febr. og mars
Gjennemsnittsdata	27de jan.	18de april

Vi ser, at Norsjø ikke fryser til alle aar. Ved at sammenligne disse data med de, som før er meddelt om Mjøsens islægning, ser vi, at i de samme aar, som Mjøsen har været aaben, har ogsaa Norsjø været aaben.

Gjennemsnittsdatoen for, naar islægningen har fundet sted paa Norsjø i de aar, sjøen har været islagt, er 27de januar.

Isløsningen har gjennemsnitlig gaat for sig 18de april.

Af 36 aar har sjøen været islagt 23 og aaben 13. Vil man tage hensyn til disse aar ved udregningen af normaldata, kunde man faa en forestilling om Norsjøs islægning i forhold til andre sjøer ved at antage, at sjøen normalt er islagt fra 10de febr. til 5te april.

Efter dette skulde islægningen paa Norsjø foregaa omtrent samtidig med islægningen paa Mjøsen.

Seljordsvatn.

Beliggenhed: 59° 27' n. br. Størrelse: 18,03 km.² Hoide o. h.: 118 m.

Paa kanalvæsenets vandstandslistre findes optegnet data for islægningen paa Seljordsvatn gennem en række aar.

Disse data er:

Aar	Islægning	Isløsning	Isens største tykkelse
1884—85	13die jan.	24de april	30te febr. 39 cm.
1885—86	12te »	15de »	21de mars 24 »
1886—87	10de »	—	—
1887—88	14de »	8de mai	—
1888—89	6te »	20de april	30te mars 53 »
1889—90	11te febr.	9de »	—
1890—91	3die jan.	26de »	13de april 47 »
1892—93	5te »	24de »	21de mars 31 »
1893—94	19de »	13de »	—
1894—95	19de »	15de »	1ste april 45 »
1895—96	30te decbr.	12te »	29de » 46 »
1896—97	15de jan.	—	—
1897—98	16de febr.	28de april	27de mars 30 »
1898—99	15de jan.	21de »	
1899—1900	13de »	4de mai	
Gjennemsnittsdata	15de jan.	22de april	

Efter dette maa de normale data for islægning og isløsning paa Seljordsvatn være omkring 15de jan. og 22de april.

Flatsjø.

Beliggenhed $59^{\circ} 32'$ n. br. Størrelse 1,2 km.² Hoide o. h. 150 m.

Følgende data for islægningen og isløsningen paa Flatsjø findes paa kanalvæsenets vandstandslisters:

Aar	Islægning	Isløsning
1887—88	12te novbr.	12te mai
1888—89	11te «	—
1889—90	1ste decbr.	26de april
1890—91	26de novbr.	14de mai
1891—92	19de «	27de april
1892—93	22de «	26de april
1893—94	9de «	—
1894—95	—	5te mai
1895—96	18de «	23de april
1896—97	12te «	—
1897—98	—	7de mai
1898—99	23de «	25de april
1899—1900	7de decbr.	9de mai
Gjennemsnittsdata	19de novbr.	2den mai.

Efter 10 aars iagttagelser skulde de normale tidspunkter for islægningen og isløsningen paa Flatsjø være 19de novbr. og 2den mai.

Tinnsjø.

Beliggenhed: $59^{\circ} 44'$ til 60° n. br. Størrelse: 54,1 km.². Hoide o. h.: 190 m.

Tinnsjø er en meget dyb innsjø. Et forsøg paa at oplodde sjøen fra gaarden Mæl i Vestfjorden til Prestodden viste, at en 240 m. lang lod-line ikke strak til. De fundne dyb udgjorde:

100 m. fra Mæl var dybet	45 m.
200 » —»—	65 »
400 » —»—	89 »
600 » —»—	88 »
800 » —»—	91 »
1200 » —»—	87 »
1600 » —»—	135 »
2000 » —»—	større end 230 m.
2400 » —»—	—»—

Efter opgivende skal dybden paa sine steder i Tinnsjø gaa ned til over 400 m. Paa det sted, hvor dampbaaden Fin sank, mellem Perskaas og Faane, skal dybet efter *Helland*¹ være 438 m.

Nogle data for islægning paa Tinnsjø findes antegnede i kanal-væsenets vandstandsboøger.

Islægningen har foregaat paa følgende tidspunkter:

1884—85	23de jan.
1885—86	31te jan.
1886—87	7de jan. (Is kun paa en del af sjøen).
1887—88	13de jan.
1888—89	30te decbr. (Is paa en del af sjøen).
1889—90	23de febr.
1890—91	5te jan.
1895—96	4de jan.
1896—97	27de jan.
1897—98	var sjøen aaben hele vinteren.
1898—99	25de jan.

Gjennemsnittsdatum zode jan.

Isløsningen foregaar til meget forskjellig tid. Som anført er der enkelte aar, at sjøen er helt aaben. Enkelte aar, som i 1891, var den helt islagt, men gik op igjen 1ste mars. I 1896 var sjøen islagt 4de jan., men gik allerede op igjen ved en storm 31te jan. I regelen skal den dog, naar is har lagt sig over hele sjøen, ikke gaa op før i slutten af april eller de første dage af mai. Man har ikke data nok til at beregne de sandsynlige normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Tinnsjø. Forholdene viser sig efter de iagttagelser, man har herom, at være

² *Helland*: Norges land og folk: Bratsberg amt, B. I p. 116.

saa ujevne, at man kun kan gjøre det efter en række aars observationer. Man kan efter de foreliggende iagttagelser kun sige om tidspunktet for den normale islægning, at det ligger senere end slutten af januar, og om isløsningen, at den som regel finder sted før udgangen af april. I de meddelelser, man har indsamlet fra lokalkjendte, omtales som et almindeligt forekommende tilfælde, at sjøen er aaben hele vinteren i den nordlige del, medens den er islagt i den sydlige.

I 1898—99 var sjøen helt islagt 25de januar og begyndte at gaa op 29de april.

Møsvatn.

Beliggenhed: $59^{\circ} 53' \text{ n. br.}$ Størrelse: $40,8 \text{ km.}^2$ Hoide over havet: 902 m. Største dyb: 45 m.

En række lodskud midtjfjords fra nordenden af vandet med ca. $1,5 \text{ km.s}$ mellemrum til inderst i sydenden af den østlige arm viste følgende dyb:

5	m.
5	»
11	»
16	» ret ud for Gjuvvik.
31	»
35	»
21	»
6	» ret ud for Kovesand.
21	»
11	»
20	»
45	» midt paa Hammerfjorden.
36	» ret ud for Fornes.
30	»
7	»
32	»
13	»
9	» ret ud for Sundet.
12	»
13	»
15	»
10	»
0	»

Hele den vestlige arm af vandet »Vestvatnet« er saa grundt, at det paa sine steder er vanskeligt at fare med baad, naar der er lavvand.

Data for islægning og isløsning vides ikke at have været gjenstand for notering paa nogen af de faa beboede steder ved Møsvatn.

Efter lokalkjendtes udsagn pleier isen aar om andet at lægge sig omtrent paa samme tidspunkt, og man er enig i¹ at ansætte samme til sidste halvdel af november.

Angaaende tidspunktet for isløsningen er man enig om, at den pleier at foregaa 10—14 dage før St. Hans.

I 1898—99 var vandet islagt mellem 22de novbr. og 11te juni.

Totak.

Beliggenhed: 59° 43' n. br. Størrelse: 38,4 km.² Hoide o. h.: 685 m.

Dyb: over 200 m.

I et profil over den bredeste del af Totak fra Kolos, hvor vandet har et af sine udløb, til ret ud for Rauland kirke gaar dybet fra søndre bred jevnt og langsomt ned til 96 m., som findes omtrent midt paa vandet. Herfra hæver bunden sig ogsaa jevnt og langsomt til nordre bred. Et længdeprofil i vandet viser, at bunden fra sjøens sydøstlige ende har et jevnt tiltagende dyb, til den naar 96 m. midt under den bredeste del af vandet. Længere mod nordvest aftager først dybden til 38 m., men derpaa tiltager den meget raskt til 137 m., og længere nord, ret ud for pladsen Bratsberg, er den 167 m. Udenfor gaarden Vaa naaede ikke en 220 m. lang lodline bunden.

Om isløsningen paa Totak har lensmand Knutsen efter optegnelser i gamle almanakker meddelt følgende værdifulde materiale til bedømmelsen af tidspunktet for samme.

Isen paa Totak gik op paa følgende data:

1818	21de mai	1826	26de mai
1819	15de juni	1827	28de «
1820	24de mai	1828	27de «
1821	4de juni	1829	31te «
1822	21de mai	Gjennemsnitlig } fra 1818—29 } 28de mai	
1823	8de juni		
1824	12te mai		
1825	24de mai		

¹ Cfr. hvad allerede er anført herom foran pag. 12.

1830	28de mai
1831	20de «
1832	27de «
1833	20de «
1834	11te «
1835	26de «
1836	29de «
1837	2den juni
1838	2den «
1839	—

Gjennemsnitlig }
fra 1830—39 } 25de mai

1840	13de mai
1841	27de «
1842	6te «
1843	—
1844	12te mai
1845	26de «
1846	27de «
1847	4de juni
1848	21de mai
1849	7de juni

Gjennemsnitlig }
fra 1840—49 } 23de mai

1850	26de mai
1851	26de «
1852	24de «
1853	2den juni
1854	18de mai
1855	—
1856	29de mai
1857	—
1858	11te mai
1859	—

Gjennemsnitlig }
fra 1850—59 } 24de mai

1861	31te mai
1864	31te «
1867	18de juni
1875	18de mai
1877	15de «
1879	1ste juni

1880	29de mai
1881	—
1882	—
1883	25de mai
1884	31te «
1885	—
1886	26de mai
1887	19de «
1888	3die «
1889	14de «

Gjennemsnitlig }
fra 1880—89 } 21de mai

1890	15de mai
1891	10de juni
1892	29de mai
1893	21de «
1894	25de «
1895	15de «
1896	12te «
1897	26de «
1898	24de «
1899	31te «

Gjennemsnitlig }
fra 1890—99 } 24de mai

Gjennemsnitsdatoen for isløsningen paa Totak er for alle de observerede aar 25de mai.

Angaaende islægningen havest følgende data:

1892	9de decbr.
1893	3die »
1894	29de »
1898	31te »
1899	6te jan.

Gjennemsnitlig: 20de decbr.

Efter opgivende af lokalkjendte folk pleier det tidspunkt, da Totak lægger sig, at være nogle dage over midten af december. Herved er at merke, at den vestligste del af sjøen pleier at lægge sig sidst og nogle dage efter den bredere del af sjøen. Det stemmer med de iagttagne 5 aar. Efter dette skulde man kunne sætte den normale islægning til følgende tidspunkter: 20de decbr. og 25de mai.

Songavatn.

For Songavatn (6,5 km.² stort, 940 m. o. h.) har man data for islægningen og isløsningen 1898—99. Disse er: 7de novbr. og 15de juni.

Vinjevatn, Grungedalsvatn.

Paa Vinjevatn (3,7 km.², 460 m. o. h.) og Grungedalsvatn (2 km.², 485 m. o. h.) foregaar islægningen meget tidlig om høsten. De er begge meget grunde og gjennomstrømmes af en stor elv, saaledes at vandet bliver meget raskt afkjølet. Efter opgivende skal islægningen pleie at finde sted i slutten af oktober, og isløsningen foregaar i sidste halvdel af mai; i 1899 22de mai.

Børtevatn.

Beliggenhed: $59^{\circ} 32'$ n. br. Størrelse: 4,3 km.² Høide o. h.: 442 km.

Børtevatn opgives at være dybt, men nogen opgave over lodninger findes ikke.

Vandet skal i regelen islægges paa samme tidspunkt, som islægningen foregaar paa Totak, og skal denne efter lokalkjendtes skjøn pleie at foregaa i sidste halvdel af december. Isløsningen skal som regel foregaa i anden halvdel af mai. Børtevatn kan ofte blive helt isfrit i løbet af en overmaade kort tid.

Fra 1867 har man følgende optegnelser: 27de mai kjørtes endnu Børtevatn, 29de mai gik man endnu paa isen, men allerede 1ste juni kunde man ro det fra nord til syd.

Efter det anførte skulde følgelig de normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Børtevatn være omkring 23de decbr. og 23de mai.

I 1898—99 var vandet islagt mellem 5te jan. og 22de mai.

Bandakvandene.

Beliggenhed: $59^{\circ} 22'$ n. br. Bandaks størrelse: 29,08 km.² Kviteseidvatn: 13,6 km.²
Flaavatn: 20,2 km.²

Vandene ligger i en høide af 72 m. o. h.

Efter *Helland*¹ hidsættes nogle dybder i sjøerne:

Bandak.

211 m. ud for Digernes.

153 m. mellem Laardal og Bandaksli.

Kviteseidvatn.

211 m. ud for Brakandalsnuten.

Flaavatn.

121 m. ud for Graahelle.

118 m. ud for Finsand.

¹ l. c.

I Bandak-Nordsjøkanalens driftsrapporter findes for flere aar opgaver over isforholdene. Man skal hidsætte, hvad derom er anført for hver vinter siden 1891—92.

1891—92.

Dampskibsfarten paa Bandakvandene ophørte paa grund af ishindringer 20de januar. Istykkelsen naaede denne vinter 31 cm. Dampskibsfarten begyndte igjen i slutten af april.

1892—93.

Der var i sidste halvdel af decbr. is paa Bufjorden og i Skarperudstrømmen. De sidste dage af december lagde der sig is paa Kviteseidvatn. 2den jan. var der is paa vandene. Trafiken kunde begynde igjen 15de april.

1893—94.

Farten paa Sundkilen maatte stanse paa grund af ishindringer allerede 25de novbr. 26de jan. maatte anløbet af Dalen stanse, da der laa is i den øverste del af Bandak. Vandene var forøvrigt isfri denne vinter undtagen i strømmene mellem vandene. Isen i Skarperudstrømmen naaede ikke en større tykkelse end 15 cm. Isen paa Sundkilen gik op 25de april.

1894—95.

Farten paa Sundkilen stansede paa grund af is 8de decbr. 23de jan. lagde isen sig saa sterk paa vandene, at trafikken maatte ophøre. Denne begyndte igjen 27de april; der var da endnu svag is paa vandene, men den blev med lethed brudt op af de i rute gaaende skibe.

1895—96.

30te novbr. ophørte farten paa Sundkilen. 7de jan. laa der paa Bandak 2—3 cm. tyk is, og paa Kviteseidvatn var der da allerede 8 cm. tyk is. Flaavatn var isfrit. 16de febr. var istykkelsen paa Kviteseidvatn 18—21 cm. 6te april brødes raak op gennem isen til Dalen, og i midten af april begyndte isløsningen.

1896—97.

Farten paa Sundkilen ophørte 26de novbr. 20de jan. laa isen paa Kviteseidvatn og paa Bandak fra Dalen til Røinesodden. 25de jan. lagdes isen paa Flaavatn og over den største del af Bandak. 27de

april kunde raak brydes til Dalens brygge. Isen var da meget løs og skrøbelig, saa sjørne antagelig, selv om isbrydning ikke var bleven foretaget, alligevel vilde gaat op om et par dage.

I vinterens løb foretoges et par gange maalinge af isens tykkelse:

Maalingssteder	Istykkelse	
	1ste febr	5te april
Flaavatn ved:		
Omnes	17 cm.	29 cm.
Rørhelle	—	28 "
Groa	14 "	—
Bergstøa	—	18 "
Storvik	22 "	29 "
Kviteseidvatn ved:		
Brakendalen	24 "	29 "
Bukøen	24 "	31 "
Spjostad	—	24 "
Snehul (Strømmen)	29 "	—
Bandak ved:		
Apalstad	18 "	36 "
Guldnes	—	16 "
Trisæt	11 "	21 "
Løvik	9 "	18 "

1897—98.

Farten paa Sundkilen ophørte 2den decbr. Der lagde sig forøvrigt ikke is paa vandene denne vinter med undtagelse af de øverste 3 km. af Bandak, hvor der laa is mellem 19de febr. og 21de mars.

6te mai løsenede isen paa Sundkilen.

1898—99.

Farten paa Sundkilden stansede 30te novbr.

20de jan. lagdes is paa Kviteseidvatn. Efter et sterkt snefald 22de jan. begyndte isdannelsen paa Flaavatn og Bandak. 24de jan. var Flaavatn helt islagt, og paa Bandak var der kun aabent vand mellem Guldnes og Løvik.

Maalinger af isens tykkelse viste følgende:

Maalingssteder.	Istykkelse.	
	25de febr.	4de april.
Flaavatn ved:		
Omnes	37 cm.	36 cm.
Rørhelle	37 "	30 "
Groa	37 "	30 "
Bergstøa	37 "	29 "
Storvik	29 "	32 "
Kviteseidvatn ved:		
Brakendalen	37 "	34 "
Bukøen	37 "	32 "
Snehul (Strømmen)	37 "	18 "
Bandak ved:		
Apalstad	39 "	38 "
Digernes	34 "	27 "
Trisæt	21 "	—
Løvik	29 "	15 " ¹
udenfor Dalen brygge	47 "	24 " ¹

Isen blev 12te april brudt op helt til Dalen. 25de april var Bandakvandene isfri.

1899 – 1900.

13de jan. islagdes Kviteseidvatn. Isen holdtes fremdeles aaben ved isbrydere til 3die febr., da den allerede havde naaet en tykkelse af 20 cm. 23de april paabegyndtes isbrydningen igjen, og 25de april naaedes Dalen. Isen var da saa skjør, at den saagodt som overalt med lethed kunde brydes op.

Der blev foretaget maalinger af isens tykkelse i begyndelsen af mars og i den sidste halvdel af april. Disse maalinger viste følgende istykkelse:

¹ Maalt 12te april.

	9de mars.	20de april.
Ved Omnes	31 cm.	21 cm.
- Rørhelle	25 «	14 «
- Groa	26 «	17 «
- Bergstøa	19 «	13 «
- Storvik	30 «	27 «
- Brakendalen	22 «	26 «
- Bukøen	25 «	21 «
- Snehul	28 «	20 «
- Digernes	34 «	23 «
- Trisæt	21 »	21 «

Af ovenstaaende data vil sees, at isen hvert aar (gjennemsnitlig 30te novbr.) har lagt sig paa Sundkilen, en arm af Kviteseidvatn. Der var i de 8 aar — 1891—99 — to vintre, 1893—94 og 1897—98, da der ikke udenfor Sundkilen fandt islægning sted paa Bandakvandene. I de øvrige aar var vandene islagt. Kviteseidvatn frøs til først, gjennemsnitlig 13de jan.; Flaavatn og Bandak islagdes derpaa i regelen samtidig — gjennemsnitlig 17de jan.

Isløsning foregik gjennemsnitlig 21de april. Den fandt først sted paa Bandak og Flaavatn, noget senere paa Kviteseidvatn og sidst i Sundkilen.

Fra ingeniør Støren, Ulefos, og ligesaa fra lensmand Midbø, Dalen, har man paa forespørsel faat meddelelser om den vanlige islægning. Der oplyses fra begge steder, at det sjelden indtræffer, at vandene ikke lægger sig om vinteren. Det synes derfor at maatte være en tilfældighed, at sjøerne var isfri 2 af de sidste 8 aar. Ingeniør Støren har velvilligst meddelt, naar dampskibene paa Bandakvandene har maattet lægge op om høsten mellem aarene 1872 og 1888. Af disse opgaver kan man danne sig et begreb om, hvor ofte vandene pleier at være aabne hele vinteren. Dampskibene har i de 16 aar hvert aar maattet stanse sin trafik væsentlig paa grund af ishindringer i løbet af decbr. maaned, og gjennemsnitlig kunde farten ikke begynde igjen før i de sidste dage af april. Kun et aar, 1881—82, var sjøerne aabne. Lægges dette til grund for udregningen af normaldata for islægningen og isløsningen, faaes, at af 24 aar var der ingen islægning i 3. Vandene har følgelig gjennemsnitlig været aabne hvert 8de aar.

Fra gjennemsnittsdatoen for islægningen i de senere aar, 17de jan., til gjennemsnittsdatoen for isløsningen, 21de april, er 94 dage, som skulde være gjennemsnittsantallet for islægningens varighed de aar, sjørne er helt tilfrosne. Nu er vandene aabne 1 aar af 8. Derfor maa disse 94 dage reduceres med $\frac{1}{8} = 12$ dage, hvis man vil tage hensyn til gjennemsnitstallet for antal dage islagte sjøer i alle aar, ogsaa de, da sjørne er aabne. Følgelig skulde det gjennemsnitlige antal dage for alle aar være 82.

Fordeles de 12 dage saaledes, at vi udskyder islægningen 6 dage og sætter isløsningen 6 dage, førend den gjennemsnitlig har fundet sted i de aar, sjørne har været helt tilfrosne, skulde de normale tidspunkter for islægning og isløsning paa Bandakvandene kunne sættes til 23de januar og 15de april.

Tidspunktet for islægningen i Bandakvandene synes nu, efterat kanaliseringen af vandene er foretaget, at falde noget senere end før. Som ovenfor meddelt har i de sidste aar islægningen ikke foregaaet før over midten af jan. maaned, medens dampskibene før i regelen altid har maattet lægge op sidst i decbr. Der foreligger imidlertid endnu for faa data til, at man med sikkerhed tør udtale sig herom; men i de meddelelser, man har modtaget fra lokalkjendte, paastaaes, at dette er tilfældet.

Nisser.

Beliggenhed: $59^{\circ} 1' - 59^{\circ} 20'$ n. br. Storrelse: 80,1 km.² Hoide o. h.: 243 m.

Data for islægning og isløsning paa Nisser findes ikke noterede andet end for aaret 1898—99. Da lagde vandet sig fra 15de—18de jan. I begyndelsen af mars blev enkelte partier isfri, medens isen ellers fremdeles var farbar. Den endelige isløsning foregik 29de april.

Isen lægger sig i almindelighed til forskjellige tider paa Nisser, efter hvad er meddelt fra dampskibet. I midten af decbr. pleier Eidstaafjorden mellem Nisser og Vraavatn at fryse til, og da pleier dampskibet gjerne at indstille farten.

I den sydlige del, som fryser til sidst, pleier ikke isen at lægges før i sidste halvdel af jan. maaned, men det hænder enkelte vintre, at vandet er isfrit.

I løbet af de sidste 18 aar har dampskibet kunnet begynde farten gjennemsnitlig 2den mai, og det er gjerne sat paa vandet umiddelbart efter, at isen er gaat op.

Vraavatrn pleier at fryse til lidt før Nisser. Isløsningen pleier derimod at foregaa samtidig paa begge vand.

Fyresvatn.

Beliggenhed: $59^{\circ} 6'$ n. br. Storrelse: 57,6 km.² Hoide o. h.: 273 m.

Landets konfiguration omkring Fyresvatn giver anledning til formodning om, at vandets dyb er betydeligt; dybdelodninger vides ikke at være foretagne i vandet.

Der foreligger ikke sikre data nok til beregning af normaltidspunkter for islægningen og isløsningen paa Fyresvatn. Undtagelsesvis har det i en streng vinter (1867) hændt, at der har lagt sig is i begyndelsen af januar. Det almindelige skal være, at vandet ikke islægges oftere end *andet, tredie* hvert aar. Naar det islægges, er det vanlige tidspunkt omkring midten af februar, og isløsningen foregaar almindelig i midten af april. Saavel i løbet af vinteren 1897—98 som i 1898—99 var vandet helt aabent.

Andre indsjøer i Fyresdal.

Paa *Drang* (3,6 km.², 270 m. o. h.) pleier islægningen at finde sted i slutningen af decbr. og isløsningen i begyndelsen af mai.

Nesvatn (15,9 km.², 500 m. o. h.) pleier at islægges i sidste halvdel af decbr. og at gaa op i slutten af april.

Paa *Napervatr* (6,3 km.², 483 m. o. h.) pleier isen at ligge fra midten af decbr. til slutten af april.

I 1898—99 foregik islægningen paa de to sidstnævnte vand 2ode decbr., og isløsningen foregik 18de mai.

Toke i Drangedal.

Beliggenhed: $59^{\circ} 3' \text{ n. br.}$ Størrelse: $15,8 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 58 m.

Data for islægning og isløsning paa Toke haves ikke, men efter indsamlede oplysninger fra lokalkjendte skal vandet islægges hvert aar, og islægningen pleier at foregaa i tiden mellem 15de og 20de decbr.

Om vaaren pleier isen at gaa op i sidste halvdel af april. Efter dette skulde de normale tidspunkter for islægningen og isløsningen paa Toke kunne sættes til omkring dagene 18de decbr. og 23de april.

Islægningen og isløsningen 1898—99 fandt sted 22de decbr. og 24de april.

Paa *Tveitevatn* ($8,6 \text{ km.}^2$, 58 m. o. h.) skal islægningen finde sted nogen tid før end paa Toke, og isløsningen nogle dage efter isløsningen paa Toke. I 1899 fandt den sted 1ste mai.

III. Indsjøer i den sydligste del af landet.

Vedgardsvatn.

Beliggenhed: $58^{\circ} 48' \text{ n. br.}$ Størrelse: $20,0 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 180 m.

Paa nedbørsschemaerne findes noteret en del data for islægning og isløsning paa Vedgardsvatn. Disse sammenholdt med en del data, som velvilligst er meddelt af gaardbruger O. Leiulstad, viser følgende tidspunkter for islægningen og isløsningen:

Aar	Islægning	Isløsning
1893—94	—	14de april.
1894—95	30te dec.	—
1895—96	3die dec.	22de april.
1897—98	3die dec.	1ste mai.
1898—99	først i dec. ¹	6te mai
1899—1900	6te dec.	9de mai
Gjennemsnitlig	9de dec.	28de april

Efter de opgivne data skulde sandsynlige normale tidspunkter for islægning og isløsning være omkring 9de december og 28de april.

¹ Vandet var i 1898—99 aabent mellem 30te jan. og 7de febr.

Kilefjorden i Sætersdalen.

Beliggenhed: $58^{\circ} 26'$ n. br. Størrelse: $15,3 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 168 m.

Følgende noterede data for islægningen og isløsningen paa Kilefjorden er velvilligst meddelte af handelsfuldmægtig S. Moy.

Aar	Islægning	Isløsning
1884—85	—	27de april.
1885—86	—	24de april.
1886—87	14de decbr.	1ste april.
1887—88	10de »	14de april.
1892—93	—	15de april.
1893—94	—	3die april.
1894—95	1ste decbr.	1ste mai.
Gjennemsnittsdata	8de decbr.	16de april

Almindeligvis skal Kilefjorden, efter hvad der oplyses, pleie at islægges i begyndelsen af decbr., undtagelsesvis noget før; isløsningen pleier at foregaa i sidste halvdel af april. Dette stemmer med de ovenstaaende observerede data. Efter dette kan man som sandsynlige normale tidspunkter for islægning og isløsning sætte: 8de decbr. og 16de april.

Byglandsfjorden med Aaraksfjorden.

Beliggenhed: $58^{\circ} 45'$ n. br. Størrelse: Byglandsfjord: $29,3 \text{ km.}^2$. Aaraksfjord: $10,8 \text{ km.}^2$.
Høide o. h.: 201 m.

Paa kanalvæsenets vandstandsliſter fra »Storstrømmen«, beliggende mellem de nævnte sjøer, er noteret en del data for islægning og isløsning. Disse sammenholdt med nogle oplysninger, som velvilligst er meddelte af dampskibsselskabet og af lensmand Haugan, Bygland, viser følgende data:

Aar	Islægning paa Aaraksfjorden	Islægning paa Byglandsfjorden nedenfor slusen	Isløsning begyndt	Isløsning helt endt
1874—75	6te decbr.	3die januar	28de april	2den mai
1875—76	—	6te febr.	5te mai	1ode »
1876—77	9de decbr.	24de decbr.	9de »	21de »
1877—78	—	—	19de april	26de april
1883—84	6te decbr.	—	—	—
1884—85	1ste »	—	—	—
1885—86	—	—	26de april	—
1886—87	13de decbr.	23de decbr.	—	—
1889—90	30te novbr.	—	—	—
1890—91	21de novbr.	—	—	—
1891—92	14de decbr.	—	—	—
1892—93	—	28de decbr.	1ode april	21de april
1893—94	30te novbr.	2ode »	7de »	16de »
1894—95	23de »	26de »	2ode »	26de »
1895—96	24de »	22de » ¹	12te »	22de »
1896—97	24de »	22de » ²	27de »	29de »
1897—98	30te »	23de » ³	2ode »	23de »
1898—99	4de decbr.	2ode »	25de »	3ote »
1899—1900	7de »	—	22de »	—
Gjennemsnittsdata	2den decbr.	28de decbr.	22de april	28de april

Fjordene pleier at islægges hvert aar. Aaraksfjorden islægges først, gjennemsnitlig 2den december, og gaar gjerne op et par dage efter Byglandsfjorden.

Islægningen paa Byglandsfjorden er mere uregelmæssig. Over store dele af fjorden foregaar islægningen gjennemsnitlig 28de december, saaledes at dampskibsfarten i regelen da maa indstilles; men paa andre steder kan det, efter hvad lokalkjendte har oplyst, vare en stund ud i januar, før der lægger sig is. Ofte hænder det, at isen paa Byglandsfjorden brydes op igjen midt paa vinteren, og at den paanyt lægger sig, saaledes, som er anført for vintrene 1895—96, 1896—97 og 1897—98.

¹ I 1895—96 gik Byglandsfjorden op igjen 7de februar og var oppe til 22de februar.

² I 1895—96 var fjorden oppe i tiden mellem 27de januar og 6te februar.

³ I 1896—97 var der is paa Byglandsfjorden mellem 23de december og 2den januar, men aabent fra 2den januar til 6te februar.

Som supplement hertil skal hidsættes nogle iagttagelser, som findes anmerkede paa schemaerne fra den meteorologiske station Austad i Sætersdalen, angaaende isforholdene paa Otteraaen:

- 1896—97: 4de november lagdes is.
7de » gik isen op igjen.
22de » lagde den sig paanyt.
16de april gik elven op.
- 1897—98: 9de november lagdes is.
15de » gik isen op.
1ste december lagde den sig paanyt.
20de januar brødes den op.
5te februar lagdes den atter.
3die april gik elven op.
- 1898—99: 22de november lagdes is.
6te december brødes isen op.
20de » lagdes is paanyt.
6te april gik elven op.

Bossvatn i Bykle.

Beliggenhed: 59° 20' n. br. Størrelse: 7,8 km.² Hoide o. h.: 529 m.

Efter meddelelse fra Lensmand Lund, Valle, frøs Bossvatn til den 20de december 1898 og gik op igjen den 19de mai 1899. I 1899 frøs vandet til 15de december. Det vanlige skal være, at vandet islægges omkring midten af december og gaar op omkring midten af mai.

Siredalsvatn.

Beliggenhed: 58° 26'—58° 40' n. br. Størrelse: 18,6 km.² Hoide o. h.: 50. m.

Siredalsvatn skal efter dybdelodninger af *H. Huitfeldt-Kaas*¹ naa en dybde af 170 m.

Ifølge velvillige oplysninger fra T. Jørgensen meddeles følgende data for islægning og isløsning paa Siredalsvatn:

¹ Plankton in norwegischen Binnenseen. Biologisches Centralblatt B. XVIII no. 17. Leipzig 1898.

Aar	Islægning	Isløsning	Antal dage islagt
1885—86	2den mars	6te april	35
1886—87	aabent		0
1887—88	29de januar	5te mai	96
1888—89	10de februar	13te april	62
1889—90	aabent		0
1890—91	31te januar	14te februar	14
1891—92	aabent		0
1892—93	17de januar	1ste april	74
1893—94	aabent		0
1894—95	7de februar	24de april	76
1895—96	aabent		0
1896—97	28de januar	6te mars	37
1897—98	aabent		0
1898—99	26de februar	5te mars	7
Gjennemsnittsdata	6te februar	30te mars	

I de 14 aar, hvorover iagttagelser haves¹, var Siredalsvatnet helt islagt i 8 aar. De andre 6 aar har det været aabent hele vinteren, kun paa enkelte viker har der ligget is.

De aar, vandet har lagt sig, har islægningen gjennemsnitlig fundet sted 6te februar og isløsningen den 30te mars. Det gjennemsnitlige antal dage, da der har været is paa Siredalsvatn, er i de aar, vandet har været helt tilfrosset, følgende 52 dage. Det gjennemsnitlige antal dage islagt vand for alle 14 aar er 29 dage.

Vil vi tage hensyn til dette i udregningen af normale tidspunkter for islægning og isløsning, kan disse betegnes derved, at vi udskyder tidspunktet for islægningen til 12 dage senere paa vinteren og sætter samme for isløsningen om vaaren til 11 dage før; vi faar følgelig da et normalt antal dage islagt vand ved at sige, at islægningen og isløsningen pleier at foregaa: 18de februar og 19de mars.

¹ I 1900 islagdes vandet 14de februar, og det gik op 18de april.

Lundevatn.

Beliggenhed: $58^{\circ} 23'$ n. br. Størrelse: $27,2 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 45 m.

Efter *H. Huitfeldt-Kaas*¹ gaar dybet i Lundevatnet ned til 310 m. *Fessen*² skriver i forrige aarhundrede om Lundevatn:

»Lundevandet lægger aldrig is paa sig, uden det maae være et særdeles aar og en besønderlig kulde.«

Ifølge oplysninger, man har fra nulevende lokalkjendte, skal det yderst sjelden hænde, at Lundevatnet fryser til. Kun enkelte vintre pleier det at islægges. I de sidste halvhundrede aar er det kun hændt 3 gange.

I 1855 lagdes is i midten af mars, og den tøde op i slutten af april. I 1877 lagdes is i mars og blev liggende til begyndelsen af mai. I 1878 var vandet isbelagt i første halvdel af april, men isen forsvandt allerede i slutten af maaneden.

Vandene paa Jæderen.

Nogen optegnelse af data for islægning og isløsning paa disse vand er ikke lykkedes at indsamle. Lensmand Carlsen, Klep, meddeler i sin almindelighed herom, at det kan hænde i meget strenge vintre, at der kan ligge kjørbar is paa vandene i 2 à 3 mdr., men det er yderst sjelden tilfældet. Almindeligvis hænder det, at vandene islægges og brydes op flere gange i løbet af vinteren. I 1898—99 islagdes saaledes vandene under en kuldeperiode ved juletider; men isen gik snart bort igjen. Senere islagdes vandene i midten af mars maaned, men gik op igjen efter ca. 14 dages forløb.

III. Indsjøer paa Vestlandet.

Suldalsvatn.

Beliggenhed: $59^{\circ} 35'$ n. br. Størrelse: $29,1 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 72 m.

Vandet skal efter *Boye-Strom*³ være meget dybt, og skal yderst sjelden fryse til fra ende til anden. Derimod hænder det hver vinter,

¹ l. c.

² »Det Kongerige Norge, fremstillet efter dets naturlige og borgerlige Tilstand« s. 304. Kjøbenhavn 1763.

³ Norges land og folk. Stavanger amt p. 384.

at isen paa sine steder er til hinder for kommunikationen. *Kaalaas*¹ oplyser ogsaa, at vandet kun islægges i meget strenge vintre.

Lensmand Larsen, Suldal, meddeler som det vanlige, at der pleier at lægges is fra den nederste del af vandet til Helgenes (3 km.) sidst i decbr. eller først i jan., og at isen derpaa pleier at lægge sig i midten af jan. fra Helgenes til Kvildal (3 km.). Fra Kvildal til Vaage (7 km.) lægger ikke isen sig oftere end omtrent hvert 8de aar, og paa den øverste strækning lægges ikke is oftere end gennemsnitlig 2 à 3 gange i aarhundredet. Enkelte aar er vandet aabent overalt hele vinteren, saaledes, at dampskibene kan gaa uhindret fra Osen til Roalkvam. Naar vandet ligger helt tilfrosset i den sydligste del, pleier isen at gaa op i sidste halvdel af mars.

I 1898—99 var isforholdene saadanne paa Suldalsvatnet: 23de jan. lagdes is nordover til Helgenes; forøvrigt var vandet helt aabent. Isen paa den nederste del af vandet gik ganske op 4de mars.

Røldalsvatn.

Beliggenhed: 59° 47' n. br. Størrelse: 8,9 km.² Høide o. h.: 373 m.

Efter velvillige meddelelser af lensmand Stensen pleier Røldalsvatn at islægges i sidste halvdel af decbr. og at gaa op i slutten af april eller i begyndelsen af mai. Som undtagelsestilfælder meddeles, at islægningen i 1895 ikke foregik før i de første dage af mars, og at vandet i 1889 allerede ved udgangen af mars var isfrit. I de sidste vintre har islægningen og isløsningen foregaaet saaledes:

Aar	Islægning	Isløsning
1897—98	23de febr.	7de mai.
1898—99	24de decbr.	20de mai.
1899	17de —	—

Fra 1898—99 haves iagttagelser over tidspunktet for islægningen og isløsningen paa nogle af de høitliggende fjeldvande i Røldal. Af

¹ Ryfylkes mosflora. Nyt magazin for naturv. B. 31.

disse fremgaar, at vandene frøs til i sidste halvdel af oktober, og at de gik op før midten af juli. Et lidet vand, *Steggevatn*, beliggende opimod Hardangervidda, var i løbet af sommeren 1898 ikke helt isfrit.

Eidfjordsvatn.

Beliggenhed: $60^{\circ} 27'$ n. br. Størrelse: 3,6 km.² Høide o. h.: 17 m. Største dyb: 75 m.

Efter *Helland*¹ hidsættes nogle lodskud, som giver begreb om vandets dyb. Lodskuddene er foretaget med 500 m.s mellemrum fra øvre til nedre ende af vandet.

71 m.	57 m.
75 m.	47 m.
71 m.	40 m.
63 m.	

Lensmand Hole, Eide, meddeler om isforholdene paa Eidfjordsvatnet, at samme pleier som regel at islægges i sidste halvdel af jan., og at isløsningen pleier at finde sted i midten af april.

I 1898—99 islagdes vandet 20de febr. og gik op 10de mars.

Granvinsvatn.

Beliggenhed: $66^{\circ} 33'$ n. br. Størrelse: 3 km.² Høide o. h.: 29 m. Største dyb: 86 m

Efter *Helland*¹ hidsættes følgende dyb med omtrent 550 m.s mellemrum fra øvre ende til nedre:

32 m.	84 m.
37 »	79 »
82 »	48 »
86 »	10 »
84 »	21 »

Vandets vanlige islægningstidspunkt er efter meddelelse fra lensmand Hole i de første dage af jan., og isen pleier at gaa op midt i april.

I 1898 islagdes vandet 12te jan., og isen gik op 18de april.

¹ l. c.

Vangsvatn i Voss.

Beliggenhed: 60° 37' n. br. Størrelse: 8,45 km.² Hoide o. h.: 45 m.

Paa kanalvæsenets vandstandsliſter findes følgende data noterede for islægningen og isløsningen paa Vangsvatn:

Aar	Islægning	Isløsning
1892—93	21de decbr.	27de april
1893—94	3die jan. ¹	9de »
1894—95	1ste »	2den mai
1895—96	2ode decbr.	1ode april
1896—97	16de »	12te »
1897—98	7de » ²	2ode »
1898—99	28de »	27de »
1899—1900	1ode »	—
Gjennemsnitsdata	2ode decbr.	19de april

Fjeldvandene mellem Voss, Aurland og Ulvik.

Paa schemaerne fra Øvsthus nedbørstation findes følgende data noterede for islægningen og isløsningen paa de omkring stationen liggende smaavand og tjern.

Aar	Islægning	Isløsning
1896—97	23de oktbr.	25de april
1897—98	2den novbr.	1ste mai
1898—99	22de oktbr.	—

I 1898—99 foregik islægningen og isløsningen paa efternævnte vand paa følgende tidspunkter:

¹ I 1893 islagdes vandet 2den decbr., men gik op igjen allerede 8de decbr.

² I 1897—98 gik vandet op 5te jan., men lagde sig paanyt 5te febr.

	Islægning	Isløsning
Seltuftvatn	15de novbr.	20de juni
Klevevatn	15de »	8de juli
Jødnusvatn	6te »	15de »
Gjeitevatn	1ste »	6te august
Grøndalsvatn	8de »	12 juli
Langevatn	15de »	23de juni
Reinungvatn	15de »	17de »

Efter *Vibe*¹ meddeles, at det i kolde somre hænder, at fjeldvandene oppe ved Hallingskarven paa grænsen mellem Aurland og Ulvik er islagte aaret rundt.

Vasbygdvatn, Aurland.

Beliggenhed: 60° 52' n. br. Størrelse: 1,8 km.² Hoide o. h.: 53 m. Største dyb: 67 m.

Dybden i vandet er efter *Helland*² fra nedre til øvre ende:

19 m.	54 m.
51 »	53 »
67 »	20 »

Vandet pleier at islægges, efter hvad lokalkjendte oplyser, i de sidste dage af decbr. og at gaa op igjen i midten af april. Undertiden kan det under tøveir hænde, at vandet gaar op midt paa vinteren.

Aardalsvatn.

Beliggenhed: 61° 17' n. br. Størrelse: 9,3 km.² Hoide o. h.: 5 m. Største dyb: 186 m.

Efter *Helland*² hidsættes følgende dyb fra vandets øvre til nedre ende med ca. 900 m.s mellemrum:

47 m.	127 m.
105 »	162 »
120 »	186 »

¹ J. Vibe: Søndre Bergenhus amt, p. 263.

² l. c.

185 m.	153 m.
182 »	119 »
173 »	41 »
170 »	

Vandet var, efter hvad meddeles af lensmand Seim, ganske isfrit i 1897—98 og 1898—99. I 1896—97 var kun en del af vandet islagt en kortere tid, ligesom ogsaa i 1895—96, men i 1894—95 laa der is over hele vandet i flere maaneder.

Som oftest lægges kun is paa vandets nederste del, og det er sjelden, at det indtræffer, at vandet helt islægges.

Eidsvatn i Fortun.

Beliggenhed: 61° 30' n. br. Størrelse: 1 km.² Høide o. h.: 3 m. Største dyb: 34 m.

Dybden er efter *Helland*¹ med 400 m.s afstand mellem lodskuddene:

13 m.	29 m.
34 »	12 »

Isen pleier, efter hvad er meddelt af lokalkjendte, at lægge sig i sidste halvdel af novbr., og den pleier at gaa op først i mai.

Vandene mellem Sogn og Gudbrandsdalen.

Efter hvad der er meddelt af lensmand Landmark, Lyster, skal de meget høitliggende vand paa denne fjeldstrækning pleie at fryse til i begyndelsen af oktbr. og ikke gaa op igjen før i første halvdel af juli.

Sogndalsvatn.

Beliggenhed: 61° 19' n. br. Størrelse: 2,6 km.² Høide o. h.: 470 m.

Vandet skal, efter hvad oplyses af lensmand Lem, være grundt og skal islægges i sidste halvdel af november. Isløsningen pleier at foregaa i midten af mai. I 1898—99 islagdes vandet 24de novbr. og gik op igjen omkr. 20de mai.

¹ l. c.

Veitestrandsvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 25'$ n. br. Størrelse: $17,6 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 167 m.

Efter meddelelse af lensmand Falck pleier isen paa Veitestrandsvatnet at lægge sig i slutningen af decbr. eller begyndelsen af jan. Isløsningen pleier at ske i første halvdel af mai. I 1898—99 islagdes vandet 14de decbr.; isen gik op 21de mai.

Hafslovatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 18'$ n. br. Størrelse: $6,7 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 165,8 m.

Hafslovatnet pleier altid at islægges før Veitestrandsvatnet. Det angives at være betydelig mindre dybt end dette. Almindeligvis foregaar islægningen paa Hafslovatnet i begyndelsen af decbr., og det pleier at gaa op i slutten af april. I 1899 gik det op 19de mai.

Jølstervatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 30'$ n. br. Størrelse: $40,0 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 207 m.

Islægningen paa Jølstervatn skal efter lensmand Linds meddelelse foregaa meget uregelmæssig, men det hænder aldrig, at vandet fryser til før ved udgangen af decbr. Kjøsnesfjorden, den vestlige arm af vandet, islægges først, og isen her kan ofte være farbar for kjørende, medens endnu den øvrige del af vandet er aabent. Ingen af de omkringboende vides at have noteret data for islægning, og man tør saaledes ikke have nogen videre formening om isforholdene paa vandet.

Hornindalsvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 36'$ n. br. Størrelse: $51,1 \text{ km.}^2$ Høide o. h.: 51 m. Største dyb: 486 m.

Efter *Helland*¹ hidsættes følgende dyb i Hornindalsvatn fra dets øvre til dets nedre ende, med omkring 1200 m.s afstand mellem hvert lodskud.

29 m.	347 m.
155 »	324 »
270 »	424 »

¹ l. c.

475 m.	73 m.
483 »	65 »
486 »	29 »
119 »	

Efter velvillig meddelelse af lensmand Kirkhorn hidsættes data for islægningen og isløsningen paa Hornindalsvatn.

Aar	Islægning	Isløsning
1880—81	15de jan.	18de mai
1881—82	aabent	
1882—83	13de »	15de april
1883—84	20de »	25de »
1884—85	aabent	
1885—86	27de »	6te »
1886—87	aabent	
1887—88	14de febr.	11te mai
1888—89	aabent	
1889—90	aabent	
1890—91	aabent	
1891—92	aabent	
1892—93	aabent	
1893—94	aabent	
1894—95	24de jan.	5te mai
1895—96	aabent	
1897—98	aabent	
1898—99	aabent	
Gjennemsnittsdata	24de jan.	28de april

Af de iagttagne 18 aar er der kun 6 aar, vandet har islagt sig. Der har med andre ord fundet islægning sted kun hvert 3die aar.

Vil man efter de iagttagne 18 aar udregne normale tidspunkter for islægningen og isløsningen paa vandet, maa man selvfølgelig tage hensyn hertil.

Fra 24de jan., som er gjennemsnittsdatoen for, naar vandet har frosset til i de aar, det har lagt sig, til 28de april, gjennemsnittsdatoen for isløsningen, er 93 dage. Nu er vandet aabent 2 aar af 3, og følgelig maa tiden fra islægning til isløsning fratrækkes 62 dage, hvis man vil angive det gjennemsnitlige antal dage islagt vand i alle aar, ogsaa i de

hvor i vandet var aabent. Tilbage bliver en gennemsnitstid af aarlig 31 dage med islagt vand. Lægges de normale tidspunkter for islægning ligelangt efter 24de januar, som tidspunktet for isløsning før 28de april, faaes følgende data: 24de febr. og 27de mars.

Isforholdene paa nogle andre indsjøer i Nordfjord.

Data for islægning og isløsning paa de andre betydelige og dybe indsjøer i Nordfjord er ikke lykkedes at indsamle. Men for nogle af dem foreligger opgave over, hvordan det i sin almindelighed pleier at være med isforholdene:

Breimsvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 43'$ n. br. Størrelse: 23,5 km.² Høide o. h.: 56 m. Største dyb: 273 m.

Vandet islægges ikke hver vinter, og naar det fryser til, pleier ikke dette ske før ud i jan., eller ofte noget senere.

Oldenvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 45'$ n. br. Størrelse: 8,4 km.² Høide o. h.: 37 m. Største dyb: 90 m.

Oldenvatn pleier at fryse til hver vinter. Islægningen sker i almindelighed noget over midten af december, og vandet er islagt til april. I 1898-99 islagdes vandet omkring nytaar og gik først op igjen i begyndelsen af mai.

Loenvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 50'$ n. br. Størrelse: 10,2 km.² Høide o. h.: 88 m. Største dyb: 133 m.

Loenvatn vil, efter hvad meddeles af lensmand Lund, i regelen være islagt fra juletider til ud i midten af mars; men det hænder ikke saa sjelden, at vandet er aabent hele vinteren.

I 1898 islagdes ikke vandet før ved udgangen af jan., og det blev isfrit 22de april.

Opstrynsvatn.

Beliggenhed: $61^{\circ} 55'$ n. br. Størrelse: $23,1 \text{ km}^2$ Høide o. h.: 25 m. Største dyb: 198 m.

I de 11 aar, Opstrynsvatnet har været befærdet med dampbaad, er det kun i 2 vintre, at dampbaaden har maattet stanse farten paa grund af isforholdene paa den østlige og største del af vandet. I løbet af 21 aar, meddeles af lensmand Lund, har der kun i 4 vintre været kjørbar is over hele vandet. Det hænder forholdsvis ofte, at isen kan lægges for nogle dage og gaa op igjen gjentagne gange i løbet af vinteren. Kun den vestligste og grundeste arm fra Klavenes til Bergstad pleier at fryse til hver vinter. I 1898—99 var vandet aabent med undtagelse af den vestlige arm, som var islagt i flere maaneder.

Som aarsag til, at isen paa flere af indsjørerne i Nordfjord brydes op gjentagne gange, nævner lokalkjendte de om vinteren herskende sterke storme med mildveir.

Snipsørvatn i Ulstein.

Beliggenhed: $62^{\circ} 20'$ n. br. Størrelse $3,3 \text{ km}^2$ Høide o. h. ca. 25 m.

Vandet omtales som ikke meget dybt, men opgave over foretagne oplodninger foreligger ikke.

Islægningen paa Snipsørvatn, skal, efter hvad lensmand Moldenes oplyser, foregaa til meget forskjellige tider. Almindeligst tør være, at vandet lægger sig i de sidste dage af december, og gaar op igjen i de sidste dage af mars; men det hænder jevnligt, at vandet gaar op igjen og lægger sig paanyt flere gange hver vinter.

I 1898—99 islagdes vandet i de sidste dage af december og gik op igjen 8de mars. 16de mars frøs vandet til paanyt og gik først helt op igjen i april.

Brusdalsvatn i Borgund.

Beliggenhed: $62^{\circ} 29'$ n. b. Størrelse: $6,7 \text{ km}^2$ Høide o. h. 25 m.

*Strøm*¹ beretter om islægningen paa Brusdalsvatnet, at det er almindelig bekjendt, at dette vand aldrig belægges med is før vintersollherv, men fryser da ligesaa let til som andre vande.

¹ H. Strøm: Søndmøres Beskrivelse, Ilden Part, s. 145.

Lensmand Bruseth har velvilligst meddelt om isforholdene paa vandet: I regelen fryser ikke vandet til før i første halvdel af januar, og isen pleier at ligge en maanedes tid. Det har været isdækket saa tidlig som 4—5 dage før jul kun en gang i de sidste 9 aar, og gamle folk ved at berette, at vandet en gang i tiden har været islagt 14 dage før jul. Enkelte gange har det hændt, at vandet har ligget til udgangen af mars; men det almindelige er, at det er isfrit allerede i begyndelsen af denne maaned.

Enkelte aar lægger der sig ikke is paa vandet; i 1898—99 var det ikke saa meget is, at det kan siges at have været isdækket.

Isforholdene paa nogle fjeldvand i Søndmør.

Medens de nævnte nær kysten beliggende sjøer er tilfrosne en meget kort tid af aaret, er fjeldvandene i det indre Søndmør islagt størstedelen af aaret. *Helland*¹ omtaler saaledes, at han fandt *Vatndalsvatn* (ca. 800 m. o. h.) isdækket 21de juli 1874. Videre beretter *Helland*², at flere af de i indre Søndmør værende vand, beliggende i botndalene saaledes, at bræerne gaar lige ned i dem, som f. eks. *Kupevatn* og *Hammervatn* i Sunnølv herred, er islagte hele aaret rundt. Andre saadanne vand, som har været isdækkede hele aaret, omtales af *Bing*³. Disse er beliggende ved Raudalsbræen.

Eikisdalsvatn.

Beliggenhed: 62° 33' n. br. Størrelse: 23,5 km.² Hoide o. h.: 26 m.

Vandet opgives at være dybt, men man er ikke i besiddelse af oplodninger derfra.

Eikisdalsvatnet skal, efter hvad der er meddelt af lensmand Hole og Eikisdalens dampskibsselskab, meget faa vintre være helt tilfrosset. Vinteren 1880—81 kunde vandet kjøres nogle faa dage i mars maaned, men da var det 20 aar siden, at man havde kjørt vandet fra ende til anden. Der har i de senere aar ikke været saameget is paa samme, at det lille dampskib, som trafikerer vandet, har maattet indstille farten paa grund af ishindringer. Flere vintre og muligens som oftest, har der

¹ Jordbunden i Romsdals amt pag. CLXVI.

² Sammesteds pag. 102.

³ Turistforeningens aarbog 1899 p. 104.

været nogen is ved bredderne ved vandets øvre og nedre ende, men som ogsaa *Helland*¹ har gjort opmærksom paa, er det meget sjelden, at isen er sikker. Isen pleier aldrig at lægge sig før i februar maaned.

Opgave over, hvordan isforholdene pleier at være ved en del mindre vand i det indre af Romsdalen, er meddelt af lensmand Hole; af disse hidsættes:

	Høide over havet	Størrelse	Vanlig islæg- ning	Vanlig isløs- ning
Tjellevatn i Nettet	154 m.	0.5 km. ²	beg. af dec.	midt i april
Skjørsætervatn i do.	113 »	0.5 »	beg. af jan.	sl. af april
Gussiaasvatn i do.	16 »	3.3 »	midt i jan.	sl. af april
Maasvatn i do.	451 »	—	sl. af novbr.	sl. af mai
Mørkvatn i do.	443 »	—	beg. af novbr.	beg. af juni
Meisalvatn i do.	—	1.6 »	midt i novbr.	beg. af mai
Veslevatn i Eikis- dalen	164 »	1.0 »	sidst i novbr.	beg. af mai
Kjøvdalsvatn i Vist- dalen	489 »	1.0 »	beg. af novbr.	sidst i mai
Maasvatn i Vistdalen	ca. 500 m.	0.5 »	beg. af novbr.	sidst i mai

V. Indsjøer i det trondhjemske.

Selbusjøen.

Beliggenhed: 63° 15' n. br. Størrelse: 59.2 km.² Høide o. h.: 160 m. Største dyb: 135 m.

De østlige vikar af Selbusjøen fryser til hvert aar. Islægningen pleier efter opgivende fra flere lokalkjendte, at finde sted omkring midten af november østenfor Bergneset-Fuglem. Den vestlige ende af sjøen pleier ogsaa aarlig at være islagt; men her hænder det yderst sjelden, at isen lægger sig før ud i januar. Det midtre, største parti af Selbusjøen er ikke islagt hvert aar. Efter *Helland*² er sjøen helt tilfrossen i gennemsnit hvert 3die aar.

¹ Jordbunden i Romsdals amt p. 286.

² Norges land og folk XVI Søndre Trondhjems amt pag. 442.

Dette stemmer med de meddelelser, man har modtaget fra hr. Einar Jensen. Ifølge disse har sjøen i de sidste 18 aar været helt islagt 5—6 gange. Islægningen har i disse aar fundet sted til forskjellig tid, fra 12te januar til 16de mars, gjennemsnitlig i de første dage af februar. Den tidligste datum, hvorpaa sjøen vides at have islagt sig, er i 1875—76, da den lagde sig den 27de december.

Isløsningen har gjennemsnitlig fundet sted 1ste mai. De aar, sjøen har været helt tilfrossen, har følgelig isen gjennemsnitlig ligget ca. 12 uger; men nu har sjøen kun været helt tilfrossen hvert 3die aar, og da bliver følgelig det gjennemsnitlige tidsrum, hvori sjøen har været islagt i løbet af alle aar, 4 uger.

Tages hensyn til dette, kan forholdet udtrykkes ved at sætte normal-tidspunkterne, mellem hvilke Selbusjøen er islagt, fra 1ste mars til 1ste april.

I 1898—99 var isforholdene paa Selbusjøen saadanne: De østlige bugter islagdes 17de november. Den ytre del af sjøen islagdes helt 10de februar. Isløsningen foregik paa den ytre del 12te mai, medens de østlige bugter ikke blev rene for is før i de sidste dage af mai.

Stuesjø i Tydalen.

Beliggenhed: 62° 55' n. br. Størrelse: 6,7 km.² Høide o. h.: 606 m.

Paa nedborsschemaerne findes følgende data for islægningen paa Stuesjø:

1895	28de novbr.
1896	20de »
1897	29de »
1898	23de »
1899	6te decbr.

Gjennemsnitlig 27de novbr.

Sjøen skal, efter hvad opgives, pleie at gaa op i den sidste halvdel af mai. I 1899 gik ikke Stuesjø op før i midten af juni.

Storvatn i Leksdalen.

Beliggenhed: 63° 37' n. br. Størrelse: 15,8 km.² Høide o. h.: 136 m.

Vandets dyb kjendes ikke; men en stor mængde øer og holmer giver anledning til den formodning, at vandet gennemgaaende kun har ringe dybde. Efter meddelelser fra lensmand Mensaas skal der ikke findes optegnede data; men Storvatnet skal i almindelighed islægges

i den første del halvdel af december. Isløsningen pleier at foregaa i de sidste dage af april.

I 1898—99 frøs Storvatnet til 30te november og begyndte at gaa op 15de mai; det blev isfrit 20de mai.

Movatn i Aasen.

Beliggenhed: $63^{\circ} 38'$ n. br. Størrelse: 6,7 km.² Høide o. h.: 89 m.

Movatnet opgives at være gennemgaaende grundt. Dets vanlige islægningstid skal efter meddelelser fra lensmand Vold være i første halvdel af december, og isen pleier at løsne i sidste halvdel af april. I 1898—99 islagdes Movatnet 6te december, og isen begyndte at gaa op 16de mai.

Færen i Stjørdalen.

Beliggenhed: $63^{\circ} 34'$ n. br. Størrelse: 25,4 km.² Høide o. h.: 404 m.

I almindelighed skal isen lægge sig paa Færen ved juletider, og den pleier at løsne omkring midten af mai.

I 1898—99 frøs Færen til 24de december; men isen gik ikke op før 20de juni.

Isforholdene i 1898—99 paa nogle mindre indsjøer i Stjørdalen, Aasen og Leksviken.

Fra forskellige hold er modtaget meddelelser om nogle data for islægningen og isløsningen sidste vinter paa nogle sjøer i disse herreder:

	Høide over havet	Størrelse	Islægning	Isløsning
Sonvatnene i Stjørdalen	378 m.	3 km. ²	15de novbr.	19de juni
Fjærgen i do.	496 »	11,3 »	17de »	20de »
Funnsjøen i do.	433 »	5,4 »	20de »	20de »
Mesvatn i Aasen	62 »	1,0 »	16de »	22de mai
Hoklingvatn i do.	88 »	6,2 »	22de decbr.	17de »
Hammervatn i do.	16 »	4,5 »	18de »	12te »
Mindre vand i Leksviken	—	—	18de novbr.	30te »
Store Grønsjøen i do.	206 m.	2,4 »	30te »	4de juni
Lille Grønsjøen i do.	200 »	0,5 »	20de »	4de »

Leksdalsvatn.

Beliggenhed: $63^{\circ} 52'$ n. br. Størrelse: $21,6 \text{ km}^2$. Høide o. h.: 83 m .

Fra lensmand Erlandsen, Stenkjær, er velvilligst meddelt følgende data for islægningen og isløsningen paa Leksdalsvatnet:

Aar	Islægning	Isløsning
1889—90	5te decbr.	30te mars
1890—91	12te »	25de april
1891—92	12te novbr.	10de mai
1892—93	26de »	29de april
1893—94	15de decbr.	10de »
1894—95	16de »	28de »
1895—96	12te »	8de »
1896—97	20de novbr.	1ste mai
1897—98	12te »	25de april
1898—99	15de »	16de mai
Gjennemsnittsdata	30te novbr.	24de april

Efter de 10 aars iagttagelser skulde de normale tidspunkter for islægning og isløsning være: 30te november og 24de april.

Snaasenvatn.

Beliggenhed: $64^{\circ} 6' - 64^{\circ} 16'$ n. br. Størrelse: $116,5 \text{ km}^2$. Høide o. h.: 24 m .

Snaasenvatnet er i den vestlige del meget grundt; i den østlige del skal vandet naa en temmelig stor dybde. Dybdemaalinger i Snaasenvatnet vides ikke at være foretagne, hvorfor man ikke kan have nærmere kjendskab til vandets dybdeforholde. Efter meddelelser fra forskellige lokalkjendte islægges vandet hver vinter; men paa de forskellige steder af vandet lægges isen til meget forskellige tider. Først islægges det i den vestlige del i slutten af novbr., og det pleier at være tilfrosset indover til Klingen, ca. 8 km . fra vestenden, i begyndelsen af decbr. Da pleier dampbaaden at stanse farten.

Følgende data viser, naar farten har maattet stanse paa grund af is i den vestlige del af Snaasenvatnet.

Aar:	
1885	5te decbr.
1886	11te »
1887	16de »
1888	7de »
1889	2den »
1890	4de »
1891	3die »
1892	2den »
1893	2den »
1894	11te »
1895	9de »
1896	13de »
1897	22de »
1898	13de »

Gjennemsnitlig 8de decbr.

Den øvre del af vandet islægges meget sjelden før efter nytaar. Ud i januar pleier der først at lægges is fra Kvam til Ryg, og i den østlige del af vandet fra Sem til Granaskjæret. Den bredeste del af vandet, fra Aalnes, islægges sidst, ofte ikke før i den sidste halvdel af febr., hændelsesvis ogsaa saa sent som i begyndelsen af mars. Det skal meget ofte hælde, at den vestligste del af vandet gaar op igjen en kortere tid, naar vandet helt islægges.

Om vaaren sker isløsningen først paa den bredeste del af vandet, og kort tid derefter pleier hele den vestlige del af vandet at gaa op.

Dampskibet sættes paa vandet, saasnart isen i den øvre del af vandet har gaaet op. Siden 1886 har dette fundet sted paa følgende data:

Aar:	
1886	4de mai
1887	6te »
1888	26de »
1889	12te »
1890	16de april
1891	26de »
1892	14de mai
1893	13de »
1894	14de april
1895	8de mai
1896	12te april

1897	8de mai
1898	5te »
1899	2ode »

Gjennemsnitlig 5te mai

Den vestligste del pleier at isløses nogle dage, efterat den øvrige del er gaaet op. Sandsynlige normaltidspunkter for islægningen og isløsningen paa Snaasenvatnet er saaledes:

- 1) Fra vestenden til Kvam: 8de decbr. og 7de mai.
- 2) Den øvre og største del af Snaasenvatnet er helt tilfrossen mellem: ca. 15de februar og ca. 3die mai.

I 1898—99 skede islægningen og isløsningen til følgende tider:

Islægningen begyndte: 25de novbr.

Islægning til Klingen: 13de decbr.

Hele vandet islagt: 15de febr.

Isløsningen begyndte: 2ode mai.

Helt aabent: 25de mai.

I de mindre vand, *Fossemvatn* (4,5 km.² stort, 20 m. o. h.) og *Reinsvatn* (4 km.² stort, 17 m. o. h.) skal islægningen efter opgivende af lokalkjendte pleie at foregaa i de første dage af decbr. og isløsningen i de sidste dage af april.

Isforholdene ved nogle mindre vand i Aafjorden.

Fra lensmand Steen er velvilligst meddelt nogle iagttagelser over tidspunkter for islægningen og isløsningen paa nogle mindre vand i Aafjorden.

Teksdalsvatn (5 km.² st., 38 m. o. h.) pleier at fryse til i begyndelsen af decbr. og gaa op i slutten af april.

I 1898—99 var vandet islagt fra 27de novbr. til 8de mai.

Stordalsvatn (4 km.² st., 21 m. o. h.) pleier at fryse til i slutten af novbr. og gaa op i slutten af april.

I 1898—99 var vandet islagt fra 25de novbr. til 9de mai.

Sørdalsvatn (2 km.² st., 87 m. o. h.) pleier at fryse til i slutten af novbr. og gaa op i slutten af april.

I 1898—99 var vandet islagt fra 23de novbr. til 12te mai.

Berdalsvatn (1 km.² st., 88 m. o. h.) pleier at fryse til i midten af af novbr. og gaa op i begyndelsen af mai.

I 1898—99 var vandet islagt fra 12te novbr. til 22de mai.

Salsvatn i Fosnæs.

Beliggenhed: 64° 43' n. br. Størrelse 45 km.² Høide o. h.: 13 m. Største dyb: 445 m.

Vandet er oploddet af J. Rekstad, og efter denne forfatter¹ hidsættes om vandets dybdeforhold:

Dybden tiltager meget raskt fra vestenden østover, indtil den lidt over 6 km. fra sjøenden bliver 445 m. Herfra aftager den østover, først raskt, saa langsommere, indtil vandet ved gaarden Strømmen indsnevres til en kort strøm, der skiller den vestlige del fra det grunde *Skrøvestadvatn*. Dybden i dette vand varierer mellem 24 og 40 m. I den arm af Salsvatnet, som gaar mod syd, var det dybeste lodskud 97 m.

Ifølge velvillige meddelelser fra lensmand Sund skal Salsvatnet i løbet af en lang aarrække kun meget sjelden have været islagt. Naar islægningen rent undtagelsesvis er indtraadt, har den aldrig fundet sted før ud i februar.

Den øverste del af vandet, Skrøvestadvatnet, fryser derimod til hver vinter, dog sjelden før ud i januar maaned. Isløsningen pleier at finde sted i april eller først i mai.

I 1898—99 islagdes Skrøvestadvatnet ca. 10de januar og gik først op omkring 25 mai, hvorimod det egentlige Salsvatn ikke var islagt i løbet af vinteren.

Tunnsjø.

Beliggenhed: 64° 43' n. br. Størrelse: 99,0 km.² Høide o. h.: 355 m.

Dybdelodninger vides ikke at være foretagne i Tunnsjøen. Landets konfiguration og de høje øer i denne store indsjø lader imidlertid for-

¹ J. Rekstad, Mærker fra istiden i Namdalen. Nyt magasin for naturvidenskaberne. B. 34, pag. 254.

mode, at dybet er ganske betydeligt. Rekstad ansætter¹ sjøens største dyb til at være mindst 100 m.

Data for islægningen og isløsningen paa Tunnsjøen haves ikke for andre aar end 1898—99. Islægningen fandt da sted, efter hvad velvildest er meddelt af lensmand Balling, Lierne, 20de januar og isløsningen 26de juni. Isløsningen i 1899 betegnes som undtagelsesvis sen. Det sædvanlige tidspunkt, hvorpaa sjøen fryser til, opgives fra lokalkjendte hold at være: for den vestenfor Grifjeld liggende del af sjøen i sidste halvdel af januar, og for den øvrige del noget senere. Undtagelsesvis har det hændt, at Tunnsjøen ikke har frosset til før i begyndelsen af mars maaned.

Isløsningen foregaar almindeligvis i de sidste dage af mai. Sandsynlige normaltidspunkter for islægningen og isløsningen i Tunnsjøen skulde efter disse meddelelser være omkring 25de januar og 30te mai.

De mindre indsjøer i Lierne pleier, efter hvad lensmanden meddeler, at islægges i sidste halvdel af november og gaa op i begyndelsen af mai. I 1899 fandt islægningen sted 24de, 25de og 26de november, og isløsningen paa *Laksjø* (19,3 km.² stort, 392 m. o. h.) og *Sandsjø* (15,2 km.² stor, 400 m. o. h.) fandt sted 18de juni. Indsjøerne i Sørli gik op 15—17 juni.

Limingen.

Beliggenhed: 64° 47' n. br. Størrelse: 94,2 km.² Høide o. h.: 422.

Efter velvillig meddelelse af lensmand Moe, Grong, foregaar islægningen tildels i december, men som oftest i den første halvdel af januar. Isløsningen pleier i almindelighed at finde sted i de første dage af juni eller de sidste dage af mai. Sandsynlige normaltidspunkter for, naar Limingen fryser til og gaar op, skulde efter dette kunde sættes til omkring dagene: 7de januar og 1ste juni.

Namsvatnene.

Beliggenhed: 65° 0' n. br. Størrelse: 27 km.² Høide o. h.: 441 m.

Namsvatnene skal, efter hvad lensmand Moe meddeler, islægges meget tidlig. Det hænder ikke sjelden, at vandene islægges allerede i oktober, og i regelen er de islagte allerede i den første halvdel af novbr. Isløsningen pleier at finde sted i de første dage af juni.

Paa nedbørsschemaerne fra stationen Haapnæs, som ligger ca. 17 km. vest for Namsvatnene i en høide af 250 m. o. h., findes følgende data for islægningen og isløsningen paa Namsen:

¹ I. c. pag. 256.

Aar	Islægning	Isløsning
1895—96	25de novbr.	7de mai
1896—97	—	15de »
1897—98	16de » ¹	16de »
1898—99	26de »	2den juni
Gjennemsnitsdata	22de novbr.	18de mai

VI. Indsjøer i Tromsø stift.

Røsvatn.

Beliggenhed: 65° 39'—65° 55'. Størrelse: 189,4 km.² Høide o. h.: 374 m.

I Røsvatn vides ikke at være foretaget dybdelodninger. Efter hvad der er berettet af lokalkjendte, skal vandet være grundt paa mange steder, men man tør ikke have nogen formening om, til hvilket dyb dette store vand naar. Efter velvillige meddelelser fra sogneprest O. T. Olsen er islægningen temmelig uregelmæssig. Det kan enkelte aar hænde, at isen har lagt sig over hele vandet i slutten af novbr., og det har hændt, at vandet ikke har frosset til før ud i februar. Den eneste datum, som er lykkedes at finde for islægningen paa Røsvatn, er fra 1895, da der findes noteret paa nedbørsschemaerne fra stationen Bissedor, at vandet frøs til 25de decbr. Vesterbugten, Krutaabugten og sundet mellem Holmen og fastlandet skal i regelen islægges omkring 1ste decbr., og det almindelige skal være, at Røsvatnet fryser helt til ved juletider. Det skal meget ofte hænde, at isen i sundet brydes op igjen, naar vandet har frosset helt til, og da pleier det her at være aabent vand næsten hele vinteren. Under storm og uveir brydes isen undertiden op om vinteren.

Isløsningen skal som regel foregaa ved udgangen af mai. Det har hændt, at vandet har gaaet op i begyndelsen af mai, og det har ogsaa indtruffet, at isen har ligget til henimod St. Hanstid. Sand-

¹ 13de novbr. 1897: Fros Froiningen (4,7 km.² stor, 220 m. o. h.) til.

synlige normaltidspunkter for, naar islægning og isløsning finder sted ved Røsvatnet, skulde følgende efter det meddelte være omkring dagene: 25de decbr. og 30te mai.

Unkarvatn.

15,0 km.² stort. 329 m. o. h.

Unkarvatn skal, efter hvad meddeles af sogneprest Olsen, pleie at islægges i begyndelsen af decbr.; det gaar i regelen op i sidste halvdel af mai.

Elsvatn.

Høide o. h.: 480 m.

Elsvatn pleier at fryse til ved udgangen af oktbr. og gaar ikke op før midt i juni.

Isløsningen for *Tustervatn* (8,2 km.² stort), som ligger umiddelbart vest for Røsvatnet, findes noteret paa nedborsschemaerne for 1896 den 17de juni og for 1899 den 26de juni.

Langvatn i Mo, Helgeland.

Beliggenhed: 66° 10' n. br. Størrelse: 27,9 km.² Høide o. h.: 47 m.

Vandet pleier efter meddelelse fra lensmand Hansen at islægges i midten af decbr. og at gaa op omkring midten af mai. Data for islægning og isløsning findes ikke.

Sulitjelmassjøerne.

Beliggenhed: 67° 13' n. br.

Nedrevatn (4,8 km.² stort) ligger i en høide af 1 m. o. h. Vandet er efter *Nordenskiöld*¹ helt igjennem grundt, idet dybet kun gaar ned til nogle meter.

¹ *Otto Nordenskiöld*: Om sjöarne Övrevand och Nedrevand mellan Saltenfjorden och Sulitelma. Geol. Fören. Förhandl. B. 17, p. 166.

Øvrevatn (10 km.² stort) ligger omtrent i samme niveau som *Nedrevatn*. Dette vand har derimod en betydelig dybde. Lodskud fra vest mod øst viser følgende dyb:

108 m.	327 m.
120 »	328 »
222 »	160 »
320 »	60 »
240 »	

Langvatn ligger i en høide af 124 m. og er 8,6 km.² stort. Dets største dyb er 91 m.

Efter velvillige meddelelser fra direktør E. Knudsen pleier islægningen først at ske paa det grunde *Nedrevatn* og derpaa omtrent samtidig paa *Øvrevatn* og *Langvatn*.

Langvatn har frosset til og gaaet op paa følgende data:

Aar	Islægning	Isløsning
1889—90	—	12te mai
1890—91	26de novbr.	—
1891—92	21de »	5te juni
1892—93	15de »	—
1895—96	28de »	11te juni
1896—97	11te » ¹	7de mai
1897—98	27de » ²	12te »
1898—99	25de »	24de juni
Gjennemsnitsdata	22de novbr.	27de mai

Isløsningen i 1899 var efter lokalkjendtes udsagn senere, end den vides nogen gang at have været. Tages hensyn hertil, skulde de sandsynlige normaltidspunkter for islægningen og isløsningen paa *Langvatn* kunne sættes omkring: 22de novbr. og 25de mai.

¹ I 1896 brødes isen op igjen 22de novbr., men vandet frøs atter til 10de decbr.

² I 1897 var der is paa *Langvatn* 16de novbr., men stormen brød den op et par dage efter, og derefter lagde isen sig paanyt 27de novbr.

Sagvatnene i Salten.

Beliggenhed: 67° 50' n. br. Størrelse: 6 km.² Hoide o. h.: 78 m.

Paa nedbørsschemaerne fra Kraakmoen findes optegnede nogle data for islægningen og isløsningen paa de nedenfor stationen liggende vand. Disse data hidsættes:

Aar	Islægning	Isløsning
1895—96	6te decbr.	22de mai
1896—97	20de novbr.	18de »
1897—98	27de »	28de »
1898—99	23de »	19de juni
1899—1900	21de »	—
Gjennemsnittsdata	25de novbr.	29de mai

Det normale tidspunkt for islægningen skulde efter dette antages at være i de sidste dage af novbr. og for isløsningen i de sidste dage af mai.

Altevatn.

Beliggenhed: 68° 34' n. br. Størrelse: 50,2 km.² Hoide o. h.: 506 m.

Altevatn er efter *Helland*¹ i østre og vestre ende meget grundt, men ellers temmelig dybt. Omtrent 11 km. fra vestenden kniber vandet sig sammen til en bredde af neppe 70 m. og danner her en strøm, saa sterk, at man ikke kan ro strømmen op. Denne strøm, oplyser Helland, fryser ikke til om vinteren.

Efter de oplysninger, man har modtaget fra hr. O. M. Hansen, Bardo, pleier Altevatnet at fryse til omkring 1ste novbr. Isen pleier at ligge til i de sidste dage af juni.

I 1891 gik ikke vandet op før 4de juli; men isløsningen det aar betegnes som usedvanlig sen.

¹ Norges land og folk. Tromsø amt. B. II, pag. 220.

Storvatn i Trondenæs.

Beliggenhed: $68^{\circ} 39'$ n. br. Størrelse: 5,9 km.² Høide o. h.: 230 m.

Efter meddelelse fra lensmand Mikkelsen pleier Storvatn i almindelighed at fryse til i den sidste halvdel af november, og det pleier at gaa op omkring midten af juni.

Indsjøer i Salangen.

De smaa indsjøer, som er i Salangen herred, skal efter *Helland*¹ pleie at fryse til i begyndelsen af november og at gaa op i mai, undertiden i juni.

Indsjøer i Lyngen.

Galdojavre: (2,8 km.²), *Govddajavre*: (6,1 km.²), *Riippojavre*: (4,3 km.²)

ligger ved rigsgrænsen i en høide af ca. 300 m. paa $69^{\circ} 12'$ n. br. Efter meddelelse fra lensmand Rivertz skal islægningen i regelen finde sted i oktober eller i de første dage af november, og isløsningen skal foregaa i juni maaned.

Paa Lyngenhelvøen skal efter *Caspari*² findes nogle fjeldvand, som ofte er islagte hele aaret rundt.

Skogsfjordvatn paa Ringvatsø.

Beliggenhed: $69^{\circ} 59'$ n. br. Størrelse: 14,8 km.² Høide o. h.: 30 m.

Gjennem hr. Figenschou, Helgø, er meddelt nogle data for, naar Skogsfjordvatn har frosset til og gaaet op:

Aar	Islægning	Isløsning
1891—92	—	1ste juli
1892—93	(28de mars)	28de april
1893—94	12te novbr.	—
1896—97	—	20de mai
1897—98	14te novbr.	17de mai
1898—99	27de »	21de juni
Gjennemsnittsdata	18de novbr.	30te mai

¹ Tromsø amt, pag. 125.

² Turistforeningens aarbog 1899 p. 52.

Islægningen pleier i almindelighed at foregaa i sidste halvdel af november. Isløsningen er, som vil sees af de meddelte data, meget uregelmæssig. Som en undtagelsesvis hændelse har isen i 1865 ligget paa vandet til midten af juli; men efter lokalkjendtes udsagn skal isløsningen i regelen finde sted sidst i mai, hvilket ogsaa stemmer, som man vil se, med det udregnede gennemsnit for de noterede data for isløsningen.

Finmarken.

Det er ikke lykkedes at faa sikre meddelelser om isforholdene i det indre af Finmarken. Der findes derimod paa det meteorologiske instituts schemaer fra nedbørsstationerne optegnet nogle data for islægning og isløsning paa de store elve i Østfinmarken. Disse data hidsættes:

Olderøen, Lakselven.

Beliggenhed: 70° 2' n. br. Hoide o. h.: 5 m.

Lakselven frøs til og gik op paa følgende data:

Aar	Islægning	Isløsning
1893—94	—	5te mai
1894—95	—	10de »
1895—96	1ste novbr.	14de »
1896—97	—	7de »
1897—98	14de novbr.	10de »
1898—99	7de »	3die juni
1899—1900	25de okt.	—
Gennemsnitsdata	4de novbr.	13de mai

Tana.

Denne mægtige flod, som i sit nederste løb har størst lighed med en smal indsjø, islagdes og gik op ved nedbørsstationen *Tana* (70° 27' n. br.) paa følgende data:

Aar	Islægning	Isløsning
1895—96	21de oktobr.	26de mai
1897—98	16de »	16de »
1898—99	15de »	begyndelsen af juni
1899—1900	20de »	26de mai
Gjennemsnittsdata	18de oktobr.	23de mai

Længere inde i landet ved stationen *Nøisomhed* (73° 3' br.) gik elven op:

1896	24de mai
1897	4de »
1898	15de »

Som man ser, fandt isløsningen her sted kun en dagstid før, den foregik længere nede i elven.

Pasvik.

Umiddelbart nedenfor nedbørsstationen *Bjørnesund* (69° 28' n. br.) (8 m. o. h.) udvider elven sig til en bredde af ca. 3 km. Nedenfor stationen er der ogsaa i dette store vasdrag flere andre betydelige udvidelser, som mere minder om indsjøer end om en elv. Paa nedbørs-schemaerne findes noteret følgende data for islægning og isløsning:

Aar	Islægning	Isløsning
1895—96	23de oktobr.	28de mai
1896—97	25de »	—
1897—98	7de novbr.	25de mai
1898—99	2den »	14de juni
1899—1900	23de oktobr.	15de »
Gjennemsnittsdata	29de oktobr.	5te juni

Efter velvillige oplysninger fra lensmand Bertelsen, Sydvaranger, skal *Kobholmvatn*, ved Jakobselv, og *Store Rapelvatn* mellem Jarfjord og Bøgfjord i regelen islægges omkring midten af december og isløses i slutten af mai.

De oplysninger, som er indhentede om, naar de forskellige indsjøer pleier at fryse til og gaa op, er nu meddelte.

Vi vil i en tabel skrive op, naar islægningen og isløsningen pleier at finde sted ved de forskellige sjøer. Ved de sjøer, hvorfra ingen sikre data findes noterede, men hvor islægnings- og isløsnings-tidspunktet kun skjønsmæssigt er ansat, betegner vi opgaverne: i den første halvdel af maaneden, midt i maaneden, og i den sidste halvdel af maaneden med henholdsvis den 7de, den 15de og den 23de.

I tabellen findes udregnet det tidsrum, hvori de forskellige sjøer aarlig pleier at være islagte. Vi vælger at angive tidsrummet i antal uger. Paa denne maade bliver selvfølgelig sandsynligheden for, at samme er rigtig angivet, større, end om vi havde valgt at angive det i antal dage. Vistnok er oplysningerne om islægningen for flere sjøers vedkommende saa gode, at der er en meget sterk sandsynlighed for, at det anførte tidspunkt er rigtigt paa dagen; men for nogle sjøer er det neppe rigtigere end paa ugen, og for at faa en ensartet maalestok for alle sjøer vælger vi at angive tiden i uger.

Islægnings- og isløsnings-tidspunkterne i aaret 1898—99 findes for sammenligningens skyld anførte i tabellen.

Sjøens geografiske bredde, dens størrelse, høide over havet og maximumsdyb findes ogsaa opskrevet. Med hensyn til dybden har vi som »dybe« betegnet enkelte sjøer, for hvilke der ikke findes paalidelige dybde-maalinger, men som efter sin størrelse, landets konfiguration og efter folks udsagn giver anledning til formodning om betydeligt dyb. Enkelte andre sjøer, hvori der ikke er foretaget oplodninger, men hvor forskellige omstændigheder tyder paa, at dybet kun er ringe, har vi betegnet som »grunde«.

Indsjøer paa Østlandet.

Indsjø	Breddegrad	Størrelse km. ²	Høide o. h. m.	Dybde m.	Normaltidspunkt for		Antal uger islagt	Data for 1898—1899		Antal uger islagt
					islægning	isløsning		islægning	isløsning	
Mjøsen ,	60° 24'—61° 8'	359,4	121	-	-	-	-	-	-	-
a. Sjøens nordende	-	-	-	60	27de nov.	11te mai	24	25de nov.	16de mai	24
b. Ved Ringsaker	-	-	-	104	26de dec.	1ste »	18	7de jan.	14de »	18
c. Centrale del	[I lobet af 37 aar islagt de 26	-	-	452	10de feb.	10de april]	8	27de »	12te »	15
Gjennemsnittsdata for de aar, sjøen har været helt tilfrossen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hurdalssjøen ,	60° 20'	33,7	175	?	29de jan.	22de »	12	-	-	-
Einavatn ,	60° 34'	12,7	394	gr.	15de dec.	7de mai	20	?	13de »	-
Randsfjorden ,	60° 15'—60° 48'	136,4	132	108	4de dec.	17de »	23	16de dec.	22de »	22
a. Nordre del,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b. Sydlige del	-	-	-	-	21de nov.	6te »	24	26de nov.	15de »	24
Sperillen ,	60° 22'—60° 33'	25,1	151	108	7de jan.	3die »	17	5te jan.	16de »	18
Krøderen ,	60° 7'—60° 23'	41,4	132	31	1ste »	8de »	18	?	10de »	-
a. Sydlige del,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b. Nordlige del,	-	-	-	-	1ste dec.	7de »	23	8de dec.	12te »	22
Soneren ,	60° 4'	8,1	118	40	23de dec.	7de »	20	24de »	12te »	20
Tyrfjorden ,	60° 2'	133,8	63	281	21de nov.	2den »	23	23de nov.	10de »	24
Ekern ,	59° 39'	29,0	19	158	24de jan.	20de april	12	19de jan.	29de april	14
Myklevatn ,	59° 26'	5,2	447	gr.	oftest aaben	-	?	7de feb.	22de »	11
Farrisvatn ,	59° 7'	21,9	21	131	23de nov.	15de mai	25	8de dec.	19de mai	23
					7de jan.	20de april	15	-	-	-

Indsjø	Breddegrad	Størrelse km. ²	Høide o. h. m.	Dybde m.	Normaltidspunkt for		Antal uger islagt	Data for 1898—1899		Antal uger islagt
					islægning	isløsning		islægning	isløsning	
Ustavatn m. fl.	60° 30'	4,0	1019	?	?	?	-	sl. nov.	22de juni	30
Tuftevatn	60° 32'	1,5	848	gr.	3die nov.	1ste juni	30	15de »	6te »	29
Noreffjord	60° 12'	5,4	275	gr.	?	?	-	18de »	15de mai	25
Tunhøvdffjord	60° 25'	17,0	706	?	?	?	-	?	31te »	-
Indsjøer i Telemarken.										
Norsjø	59° 17'	59,7	15	176	-	-	-	?	?	-
Gjennemsnittsdata for de aar, sjøen har været helt tilfrosen		[Helt islagt 23 aar af 36.			10de feb.	5te april]	8	-	-	-
Seljordsvatn	59° 27'	-	-	-	27de jan.	18de »	11	-	-	-
Flatsjø	59° 32'	18,0	118	?	15de »	22de »	14	15de jan.	21de april	14
Tinnsjø	59° 52'	1,2	150	gr.	19de nov.	2den mai	23	23de nov.	25de »	22
Møsvatn	59° 53'	54,1	190	430	[1ste feb.]	25de april	12	25de jan.	29de »	13
Totak	59° 43'	40,8	902	45	23de nov.	12te juni	29	22de nov.	11te juni	29
Songavatn	59° 51'	38,4	685	ca. 250	20de dec.	25de mai	22	31te dec.	31te mai	22
Vinjevatn	59° 37'	6,5	940	gr.	?	?	-	7de nov.	15de juni	32
Børtevatn	59° 32'	3,7	460	gr.	1ste nov.	23de »	29	?	22de mai	-
Bandakvandene	59° 22'	4,3	442	døbt	23de dec.	23de »	22	5te jan.	22de »	20
		62,9	72	211	-	-	-	-	-	-
Gjennemsnittsdata for de aar, sjøerne har været helt tilfrosne		[Ikke islagt hvert 8de aar.			23de jan.	15de april]	11	24de jan.	15de april	11
	-	-	-	-	17de »	21de »	13	-	-	-

Sundkilen i Kvitesidvatn . . .	59° 23'	2	72	gr.	30te nov.	25de april	30te nov.	25de april	21
Nisser	59° 1'—59° 20'	80,1	243	?	23de jan.	1ste mai	17de jan.	29de »	14
Fyresvatn	59° 6'	57,6	273	dybt	Oftest aabent		aabent		?
Nesvatn	59° 1'	15,9	500	?	23de dec.	1ste mai	20de dec.	18de mai	18
Tøke	59° 3'	15,8	58	gr.	18de dec.	23de april	22de »	24de april	18
Tveitevatn	59° 8'	8,6	58	gr.	15de »	25de »	?	1ste mai	19

Indsjøer i det sydligste Norge.

Vedgardsvatn	58° 48'	20,0	180	?	9de dec.	28de april	5te dec.	6te mai	22
Kilefjorden	58° 26'	15,3	168	?	8de »	16de »	?	?	?
Byglandsfjord	58° 45'	29,3	201	?	28de »	22de »	20de »	25de april	18
Aaraksfjord	58° 54'	10,8	201,5	?	2den »	25de »	4de »	30te »	21
Sirdalsvatn	58° 26'—58° 40'	18,6	50	170	-	-	-	-	-
	[Helt islagt 8 aar af 14]				18de feb.	19de mars]	26de feb.	30te mars	5
Gjennemsnietsdata for de aar, vandet har været helt tilfrosset	-	-	-	-	6te »	30te »	-	»	-
Lundevatn	58° 23'	27,2	45	310	aabent		aabent		0

Indsjøer paa Vestlandet.

Suldalsvatn	59° 35'	29,1	72	dybt	aabent	aabent	24de dec.	20de mai	0
Røldalsvatn	59° 47'	8,9	373	?	20de dec.	7de mai	24de dec.	20de mai	21
Eidfjordsvatn	60° 27'	3,6	17	75	23de jan.	15de april	20de feb.	10de mars	3
Granvinsvatn	60° 33'	3,0	29	86	5te »	15de »	12te jan.	18de april	14
Vangsvatn	60° 37'	8,5	45	?	20de dec.	19de »	28de dec.	27de »	17
Vasbygdvatn	60° 52'	1,8	53	67	25de »	15de »	?	?	-

Indsjø	Breddegrad	Størrelse km. ²	Høide o. h. m.	Dybde m.	Normaltidspunkt for		Antal uger islagt	Data for 1898—1899		Antal uger islagt
					islægning	isløsning		islægning	isløsning	
Aardalsvatn	61° 17'	9,3	5	186	Oftest aabent		?	aabent		0
Eidsvatn	61° 30'	1,0	3	34	25de nov.	1ste mai	23	?	?	-
Sogndalsvatn	61° 19'	2,6	470	gr.	23de »	15de »	25	24de nov.	20de mai	25
Veitestrandsvatn	61° 25'	17,6	167	dybt	1ste jan.	7de »	18	14de dec.	21de »	23
Hafslovatn	61° 18'	6,7	166	gr.	7de dec.	30te april	21	-	19de »	?
Hornindalsvatn	61° 36'	51,1	51	486	-	-	-	-	-	-
	[Helt islagt hvert 3die aar]				24de feb.	27de mars]	4	aabent		0
Gjennemsnittdata for de aar, sjøen har været helt tilfrossen	-	-	-	-	24de jan.	28de april	13	-	-	-
Oldenvatn	61° 45'	8,4	37	90	20de dec.	20de »	17	1ste jan.	5te mai	18
Opstrynsvatn	61° 55'	23,1	25	198	Oftest aabent		?	aabent		0
Snipsorvatn	62° 20'	3,3	25	gr.	[30te dec.	30te mars	13]	28de dec.	8de mars	10
Brusdalsvatn	62° 29'	6,7	25	?	15de jan.	15de feb.	4	aabent		0
Eikisdalsvatn	62° 33'	23,5	26	dybt	Sjelden helt islagt		?	aabent		0

Indsjøer i det trondhjemske.

Selbusjøen	63° 15'	59,2	160	135	-	-	-	-	-	-
Gjennemsnittdata for de aar, sjøen har været helt tilfrossen	[Helt tilfrossen hvert 3die aar]			-	1ste mars	1ste april]	4	10de feb.	12te mai	13
	-	-	-	-	1ste feb.	1ste mai	12	-	-	-

Stuesjø	62° 55'	6,7	606	gr.	27de nov.	25de mai	26	23de nov.	15de juni	29
Storvatn i Leksdalen	63° 37'	15,8	136	gr.	7de dec.	25de april	20	30te »	15de mai	24
Movatr i Aasen	63° 38'	6,7	89	gr.	7de »	25de »	20	6te dec.	16de »	23
Føren	63° 34'	25,4	404	?	23de »	15de mai	21	24de »	20de juni	25
Leksdalsvatn	63° 52'	21,6	83	?	30te nov.	24de april	21	15de nov.	16de mai	26
Snaasenvatr	64° 11'	116,5	24	-	-	-	»	-	-	-
a. Vestligste del.	-	-	-	gr.	8de dec.	7de mai	22	13de dec.	25de »	23
b. Østlige del	-	-	-	dybt	15de feb.	3die »	11	15de feb.	20de »	13
Teksdalsvatn	63° 50'	5	38	gr.	7de dec.	23de april	20	27de nov.	8de »	23
Salsvatn	64° 43'	45,0	13	445	sjelden islagt	-	?	aabent	-	0
Tunnsjø	64° 43'	99,0	355	dybt	25de jan.	30te mai	18	20de jan.	26de juni	22
Limingen	64° 47'	94,2	422	?	7de »	1ste juni	21	?	?	-
Namsvatnene	65° 0'	27,0	441	gr.	7de nov.	1ste »	30	?	?	-

Indsjøer i Tromsø stift.

Rosvatn	65° 39'—65° 55'	189,4	374	?	25de dec.	30te mai	22	?	?	-
Langvatn i Mo.	66° 10'	27,9	47	?	15de »	-	22	?	?	-
Sulitjelmåsjøerne	67° 13'	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nedrevatr	»	4,8	1	gr.	15de nov.	25de »	27	?	?	-
Øvrevatr	»	10,0	1,5	320	22de »	25de »	26	?	?	-
Langvatn	»	8,6	124	91	22de »	25de »	26	25de nov.	24de juni	30
Sagvatn	67° 50'	6	78	?	25de »	29de »	26	23de »	19de »	30
Altevatn	68° 34'	50,2	506	gr.	1ste »	20de juni	33	1ste »	4de juli	35
Storvatn i Trondenes	68° 39'	5,9	230	gr.	23de »	15de »	29	?	?	-

Indsjø	Breddegrad	Størrelse km. ²	Høide o. h. m.	Dybde m.	Normaltidspunkt for		Antal uger islagt	Data for 1898—1899		Antal uger islagt
					islægning	isløsning		islægning	isløsning	
Skogsfjordvatn,	69° 59'	14,8	30	?	20de nov.	23de mai	26	27de nov.	21de juni	29
Lakselven	70° 2'	-	-	gr.	4de »	13de »	27	7de »	3die »	30
Tana,	70° 27'	-	-	gr.	18de okt.	23de »	31	15de okt.	beg. »	33
Pasvik,	69° 28'	-	-	gr.	29de »	5te juni	31	2den nov.	14de »	32

Af den foran meddelte tabel vil der fremgaa, naar tidspunkterne for islægningen og isløsningen paa de norske indsjøer i almindelighed pleier at finde sted. Vi ser, at islægningen sker til meget forskjellige tider; nogle sjøer islægges allerede i oktober maaned, andre ikke før ud i februar, og enkelte er i regelen aabne hele vinteren.

Vi ser, at vistnok synes islægningen i det hele og store taget at foregaa før paa aaret ved de sjøer, som ligger høiere over havet og paa en nordligere breddegrad end paa de lavere og sydligere liggende, ligesom ogsaa, at de sjøer, som ligger inde i landet, pleier at islægges før end sjøerne ved kysten. Men denne regel har saa mange undtagelser, at den kun meget vanskelig lader sig opretholde.

En sjø som Vannsjø ved Moss, der kun ligger faa meter over havet og lige ved kysten, pleier at islægges i de sidste dage af november; Bygdin derimod, beliggende 1062 m. o. h. og midt inde i landet, islægges ikke før i slutten af december. En saa stor sjø som Øieren islægges i slutten af november, medens Fæmunden pleier at fryse til i midten af december. Kilefjorden, i det sydligste Norge, pleier at fryse til i begyndelsen af december, Røsvatn derimod islægges ikke før i slutten af samme maaned o. s. v.

For at faa fornøden oversigt over, hvilke forskjellige faktorer der bestemmer den tidligere eller sildigere islægning paa indsjøerne, er det nødvendigt i korthed at behandle, hvordan opvarmningen og afkjølingen foregaar, samt hvorledes det er med temperaturvariationerne i en indsjø.

Kapitel 4.

Opvarmningen og afkjølingen af en indsjø; temperaturforandringerne i samme.

Varmen tilføres og afgives i en sjø væsentlig fra overfladen.

De varmekilder, som findes i dybet, er af saa underordnet betydning, at de kan sættes ud af betragtning i forhold til dem, som virker i overfladen. De eneste kilder, hvorfra opvarmning finder sted i dybet, er, naar bortsees fra, at bunden kan, hvor dybet er lidet, opvarmes ved insolation, fra jordens indre varme og fra de kemiske processer, som det organiske liv udvikler, samt fra undersjøiske varme tilsig.

I vore indsjøer, hvor vandet i regelen er saa rent, at det organiske liv er meget lidet, vil den varme, som udvikles fra dette, være saa forsvindende, at den neppe engang kan observeres.

Angaaende den varmemængde, som hidrører fra jordens indre varme, kan man imidlertid ikke sige, at den er saa liden, at den ikke kan iagttages. Opvarmning, som maa antages at hidhøre herfra, er omtalt af flere forfattere.

*Schiøtz*¹ har i sine temperaturmaalingen i Mjøsen fundet temperaturforholde, som skulde tyde paa, at varmen fra jordens indre var merkbar. *Richter*² har i flere østerrigske fjeldsjøer iagttaget en liden tilvækst i temperaturen hos de aller dybeste lag. *Forel*³ har gjort lignende iagttagelser i Bodensjøen. *Richter* forklarer denne tilvækst som virkninger af jordvarmen, en antagelse, som støttes af *Müllner*⁴, der gjør opmærksom paa, at allerede *Simony* var kommen til et lignende resultat.

Men om denne varmekilde end kan paavises, spiller den dog en saa underordnet rolle i opvarmningen af en sjø, at man i sammenligning med de temperaturvekslinger, som foregaar fra overfladen, ganske kan sætte den ud af betragtning. Efter de undersøgelser, som er gjorte herover⁵, skulde den varme, som hidhører fra jordvarmen, være af den størrelse,

¹ O. E. *Schiøtz* »Resultatet af en Del Undersøgelser over Temperaturforholdene i Dybet af Mjøsen«. (Forhandlinger ved De skandinaviske Naturforskere 13de Møde i Christiania 1887) pag. 64.

² E. *Richter* »Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen«. I. c. Schriften d. Ver. f. Geschichte d. Bodensees.

³ Die Temperaturverhältnisse der Seen des Salzkammergutes.

⁵ Report on the Rate of Increase of Underground Temperature. British Association LII Meeting Southampton 1882. London 1883.

at den skulde i løbet af et aar kunne smelte et 5,2 mm.'s islag over hele jordkloden. Dette skulde efter *Forel*¹ svare til opvarmningen af ca. $\frac{1}{10}^{\circ}$ af et 4,1 m.'s vandlag.

Fra undersjøiske tilsig opvarmet vand er flere gange iagttaget i sjøer. *Delebecque*² omtaler dette, ligesom ogsaa *Müllner*³ antager, at den temperaturforøgelse, som er iagttaget i de nærmest bunden værende vandlag for en del maa hidrøre fra varme kilder. Dette er imidlertid et rent lokalt fænomen, som kan gjøre sig sterkere gjældende i enkelte sjøer end i andre, men det kan neppe i almindelighed antages at spille andet end en meget underordnet rolle i en sjøs varmetilførsel.

Den væsentligste og absolut overveiende veksling af temperatur i en sjø maa saaledes foregaa gennem overfladen.

Den gennem overfladen tilførte varme fordeles i sjøen væsentlig ved strømning. Vandets varmeledningsevne er meget ringe. Efter *Weber* er ledningskoefficienten for vand = 0,0745, medens den for kviksølv er 0,91. Efter *Forel*⁴ skulde det vare næsten et helt aar, før varmen forplantedes ved ledning 6 m. ned i en sjø.

Strømningerne opstaar ved, at vandet forandrer sit volum, og følgelig sin tæthed, ved opvarmning. Vandet af størst tæthed, det tyngste, vil strømme ned henimod bunden, medens det af mindst tæthed, det letteste, vil strømme op til overfladen.

Vandet i en sjø vil derfor ikke være i ligevægt, uden naar vandet paa hvert enkelt sted har antaget temperaturen for maximum af tæthed, svarende til det stedfindende tryk.

Rent vand har sin største tæthed under almindeligt tryk mellem 3.9 og 4°.

Under voksende tryk synker temperaturen noget, idet ogsaa vandets kompressionskoefficients variation da gjør sig gjældende.

Efter *Schiotz*⁵ skulde temperaturen for maximum af tæthed under tryk, svarende til de forskjellige dyb i en sjø, udgjøre:

0 m.s dyb	3.93° C.
100 » »	3.82° -
200 » »	3.72° -
300 » »	3.61° -
400 » »	3.51° -

¹ Le Léman, pag. 295.

² Les lacs français, pag. 159.

³ Temperaturverhältnisse der Seen des Salzkammergutes I. c.

⁴ Le Léman, pag. 294.

⁵ I. c. p. 64.

Dette er imidlertid temperaturforskjelligheder af saa underordnet betydning for denne undersøgelse, hvis maal er at udlede lovene for variationen af overfladetemperaturen, at vi ikke behøver at gaa nærmere ind derpaa. Vi kan her for kortheds skyld afrunde temperaturen til antal hele grader, idet vi sætter den til 4° .

Hvis vi har en indsjø af et saa stort dyb, at ikke ophedningen om sommeren og afkjølingen om vinteren naar helt ned til bunden, og vi antager, hvad formodentlig er tilfældet med alle vore norske indsjøer, at overfladevandet aar om andet til sine tider kan afkjøles til mindst 4° , vil vi følgelig altid have et schicht vand af temperaturen for vandets maximum af tæthed i de dybeste lag af sjøen. Ovenpaa dette lag kan der være enten vand af samme temperatur, eller efter omstændighederne koldere eller varmere vand.

Vi vil i korthed følge de almindelige træk af temperaturens forandringer i en indsjø.

Forel har i sit arbeide over Genfersjøen afset et helt kapitel¹ til opstilling af den almindelige teori for varmens fordeling i en sjø. Vi vil her kun gjentage de væsentligste træk af teorien, idet vi væsentlig vil tage sigte paa det ene punkt at udrede, hvilke forskjellige faktorer er medvirkende i overfladevandets afkjøling.

Som allerede ovenfor anført, sker i almindelighed temperaturvekslingen i en sjø gennem overfladen.

Tilførselen af varme fra de varmekilder, som der gjør sig gjældende, sker ved:

- 1) Den direkte solvarme.
- 2) Varmeudstraaling fra ovenforværende, varmere luft og fra sjøbredderne.
- 3) Ledning af varme ved kontakt med varmere luft og sjøbredderne.
- 4) Den ved kondensation af vanddampe i overfladen frigjorte varme.
- 5) Varme hidført fra tilløb (elvé, bække og regn).
- 6) Vindens mekaniske virkning.

Varme afgives i en sjø ved:

- 1) Udstraaling.
- 2) Ved kontakt med koldere luft.
- 3) Ved varmemeforbrug ved fordunstning fra overfladen.
- 4) Ved varmemeforbrug ved smeltning af tilført sne.
- 5) Ved optagelse af kolde tilløb (rindende vand og nedbør).

¹ *Théorie générale*, Le Léman, pag. 289.

De faktorer, som betinger temperaturvekslingen i en sjø, er dels af klimatologisk art og dels af en mere lokal art.

De klimatologiske faktorer er af forskjellig natur i de forskjellige aastider, og paa de forskjellige tider af døgnet; men i samme aastid og paa samme tid af døgnet er de i sine væsentligste træk ensartede.

Vi faar saaledes saavel en aarlig som en daglig periode i en indsjøs temperaturforhold.

A. Den aarlige periode.

Vi vil først følge de væsentligste træk af temperaturforandringerne i løbet af et aar.

Har vi en indsjø med et saa stort dyb, at de nedre lag i sjøen maa antages at have temperaturen for vandets maximum af tæthed, og vi tænker os, at sjøen er ifærd med at isløses om vaaren, vil vandet i overfladen følgerig være 0°, og lagene nedover til de lag, hvor temperaturen er 4°, maa da have en temperatur mellem 0° og 4°. De lettere lag ligger ovenpaa de tyngre, og da vand af 3° f. eks. har større tæthed end vand af 2°, 1° o. s. v., maa vandets temperatur aftage, eftersom vi nærmer os overfladen.

Vi har en lagstilling i sjøen, som *Forel* betegner ved »*stratification inverse*«, eller som vi kan benævne ved »den omvendte lagstilling«.

Som eksempel paa temperaturens fordeling i en indsjø paa denne tid af aaret kan anføres en af *Schiøtz*¹ i Mjøsen den 12te mars 1883 foretagne maaling:

0 m.'s dyb	0° C.
25 » »	2.09° -
50 » »	2.60° -
100 » »	3.65° .
150 » »	3.82° -
200 » »	3.79° -
300 » »	3.71° -

Efter hvert, som vaaren skrider frem, opvarmes overfladevandet, der synker ned og stiller sig mellem ²lag af samme temperatur og samme tæthed som sig selv; vi faar saaledes en proces, hvorved tem-

¹ Temperaturforholdene i Mjøsen, pag. 64.

peraturen i sjøen mere og mere udjevnes, indtil vandet i hele sjøen har naaet temperaturen for vandets maximum af tæthed. Overfladevandet og vandet i dybet har da samtidig en ens temperatur af omtrent 4°. Eftersom nu overfladevandet opvarmes yderligere end 4°, bliver dette lettest, og fra at denne temperatur er indtraadt, maa det varmere vand forblive ovenpaa det koldere, og vi faar den lagstilling, som *Forel* betegner ved »*stratification directe*«, eller som vi kan oversætte med den »direkte lagstilling«.

Efterhvert som opvarmningen skrider yderligere frem, faar overfladen en temperatur, som øges forholdsvis raskt.

Men ogsaa langt under overfladen kan man merke, at opvarmningen om sommeren gjør sig gjældende. *Schietz*¹ har i Mjøsen iagttaget opvarmningen om sommeren ned til over 150 m.'s dyb, og som det vil sees af temperaturserien nedenfor, kan den merkes i endnu større dyb. Opvarmningen i dybet antages dels at hidrøre fra den direkte insolation, som ogsaa virker et stykke under overfladen, og dels antages den hidrørende fra strømsætningerne, som væsentlig opstaar ved bundens opvarmning ved insolation.

Som eksempler paa, hvorledes sommertemperaturen er fordelt i en indsjø, skal hidsættes nogle temperaturserier:

- I. er fra Mjøsen 5te septbr. 1898 og velvilligst meddelt af prof. *Otto Petterson*, Stockholm.
- II. er fra Attersee og hidsættes efter *Richter*².

M.s dyb.	I. Mjøsen.	II. Attersee.
	5te septbr. 1898. Temperatur.	18de septbr. 1891. Temperatur.
	°	°
0	12.3	18.4
5	12.1	18.0
10	10.5	17.7
15	9.6	12.0
20	9.1	7.8
25	8.9	5.8
30	8.6	4.9
35	8.5	—
40	6.4	4.5

¹ l. c.

² Seestudien, pag. 65.

M.s dyb.	I. Mjøsen.	II. Attersee.
	5te septbr. 1898.	18de septbr. 1891.
	Temperatur.	Temperatur.
	0	0
50	5.8	—
60	5.6	4.1
80	4.6	4.1
100	4.2	4.0
150	4.1	3.9
200	4.1	—
300	3.75	—
400	3.9	—
430	3.7	—
450	3.2	—

Opvarmningen paagaar i regelen langt udover sommeren, og den direkte lagstilling udvikles mere og mere, eftersom overfladevandet bliver varmere og varmere.

Henimod høsten begynder afkjølingen at finde sted. Temperaturen blir lavere i de øverste lag, vandet blir tyngere, og efterhvert, som dette sker, synker det ned og stiller sig mellem de lag, som er af samme temperatur og tæthed. Der foregaar saaledes atter en udjvningsproces i sjøen, indtil hele vandmassen har naaet temperaturen for maximum af tæthed.

Denne fase i den aarlige periode pleier at udstrække sig gennem et forholdsvis langt tidsrum, idet afkjølingen af overfladevandet pleier i regelen at foregaa forholdsvis langsomt og, naar sjøen er tilstrækkelig dyb, tager det lang tid, før vandkolonnen helt igjennem bliver afkjølet til 4°. Forøvrigt er tiden, saaledes som nærmere skal udvikles senere, foruden af sjøens dyb, ogsaa afhængig af de klimatiske forhold.

Et godt begreb om afkjølingens udvikling giver nogle temperaturmaalinge af overfladevandet i Norsjø.

Overfladetemperaturer i Norsjø for 1895—96.

	1895				1896
	Septbr. °	Oktbr. °	Novbr. °	Decbr. °	Jan. °
Iste	13.6	14.1	7.2	4.3	1.9
2den	14.2	14.0	6.2	4.3	1.9
3die	14.0	13.0	6.2	4.3	2.1
4de	13.8	13.0	6.0	4.3	2.1
5te	13.8	13.0	6.2	4.3	2.0
6te	14.0	12.6	7.0	4.3	2.0
7de	14.2	11.4	7.3	4.3	1.2
8de	14.1	11.0	6.0	4.3	1.1
9de	14.1	12.1	6.1	4.3	1.0
10de	13.6	12.0	7.0	4.2	1.0
11te	13.4	11.0	7.1	4.2	1.0
12te	14.2	10.2	7.1	4.2	1.0
13de	14.2	—	7.1	4.2	1.0
14de	14.0	10.1	7.0	4.2	1.0
15de	13.6	10.1	6.4	4.2	0.7
16de	13.3	9.2	6.4	4.1	0.7
17de	13.2	10.3	6.4	4.1	0.0
18de	13.3	10.2	6.0	4.1	0.0
19de	14.0	10.0	5.8	4.1	0.0
20de	12.4	9.1	4.8	4.1	0.0
21de	13.0	9.1	5.8	4.1	0.0
22de	12.4	—	5.4	4.0	0.0
23de	13.1	—	5.6	4.0	0.0
24de	14.2	7.4	4.8	3.5	0.0
25de	14.0	7.4	4.4	2.5	0.0
26de	13.4	7.2	—	2.1	0.2
27de	13.4	—	4.6	2.1	0.2
28de	13.0	7.1	5.0	2.1	0.2
29de	13.0	7.1	4.6	2.0	0.2
30te	13.1	6.4	4.4	2.0	0.1
31te		7.2			

Vi ser, at overfladevandet beholdt sin temperatur temmelig uforandret gennem hele september maaned og i begyndelsen af oktober. Afkølingen begyndte en uges tid ud i oktober, men den gik ikke jævnt

for sig, idet vandet enkelte dage blev opvarmet noget. Fra de sidste dage af november og helt til den 23de december, ser vi, at temperaturen var nær den for vandets maximum af tæthed. Afkjølingen fra dag til dag gik da meget langsomt for sig. Fra 1ste decbr. til 9de decbr. forandrede temperaturen sig kun til $1/10^{\circ}$. Men efterat vandet den 23de december var afkjølet ned til 4° og overfladevandet blev lettere end bundvandet, kunde afkjølingen gaa meget raskere for sig. Allerede den 25de decbr. var temperaturen $2,5^{\circ}$.

Naar udjævningsprocessen har virket saa længe, at hele vandmassen har antaget temperaturen for maximum af tæthed, skulde vi vente, at den videre afkøling maatte foregaa væsentlig kun i overfladen. Vandet her bliver, eftersom det afkøles, specifikt lettere og maa selvfølgelig flyde ovenpaa. De faktorer, som bevirker afkølingen, gjør sig saaledes, som allerede paapekt, væsentlig gjældende i overfladen, og man skulde derfor vente, at naar først overfladevandet havde naaet ned til 4° , vilde det raskt afkøles videre saa meget, at isdannelsen var umiddelbart forhaanden.

Erfaringen har imidlertid vist, at denne antagelse, som af Forel betegnes som »den klassiske«, og som i virkeligheden var den gjængse mening ligetil for faa aar siden, ikke holder ganske stik.

Ved en række temperaturmaaling er det godtgjort, at vandet i en indsjø, efterat det er afkjølet til 4° , i regelen ogsaa afkøles videre langt under overfladen.

Richter har nylig behandlet dette spørgsmål¹ meget indgaaende, *Forel*² og *Buchanan*³ har allerede gjort opmærksom derpaa i 1880.

Blandt de mange temperaturserier, som foreligger fra forskellige sjøer, paa de tidspunkter, naar indsjøerne er ifærd med at lægge sig, ved *Richter* ikke at omtale nogen serie, som skulde kunne vise, at der kun har foregaaet en afkøling af de øverste vandlag umiddelbart under overfladen. Af samtlige serier fremgaar det, at afkølingen har fundet sted ned til et betragteligt dyb, i flere sjøer endog ned til over 100 m., forinden islægningen er foregaaet.

Vi skal efter *Forel*⁵ hidsætte et eksempel paa, hvorledes temperaturen kan være fordelt i en sjø, umiddelbart før den fryser til.

¹ Seestudien, pag. 49.

² Températures lacustres. Arch. d. sc. ph. et nat. 3. Periode. T. 4. 1880.

³ On the Freezing of Lakes. Nature XIX p. 412.

⁵ Temp. lacustres, l. c. pag. 97.

Temperaturserien er fra Zürichersjøen, og maalt den 25de jan. 1880.

Dyb	Temperatur
m.	grader
0	0.2
10	2.6
20	2.9
30	3.2
40	3.5
50	3.6
60	3.7
70	3.7
80	3.8
90	3.8
100	3.9
110	3.9
120	4.0
133	4.0

Vi ser, at afkjølingen her havde naaet ned til et dyb af endog over 100 m., uden at temperaturen i overfladen havde gaaet ned til vandets frysepunkt.

Dette tilfælde har lighed med flere andre, som Richter beskriver dels fra sine egne og dels fra andres temperaturmaalinger.

Da Murtenersee frøs til i 1879, var den i et dyb af 45 m. afkølet til 2,8°. Loch Lomond havde samme aar i 20 m.s dyb en temperatur af kun 2,4°, da den frøs til, o. s. v.

For at forklare dette fænomen er der fremkommet flere antagelser. Buchanan har fremsat den mening, at afkjølingen maa skyldes strømme, som skulde kunne dannes derved, at vandet nær sjøbredderne afkøledes sterkere end vandet i de mere centrale dele af sjøen.

Forel har tænkt sig, at afkjølingen skulde kunne stamme dels fra, at vinden bevirkede en sammenblanding af de øvre vandlag, men væsentlig derfra, at der paa grund af vandets diatermanitet skulde kunne ske en udstraaling fra et betydeligt dyb i sjøen. Der synes imidlertid endnu ikke at herske enighed i forklaringen af fænomenet, og der findes vel neppe endnu tilstrækkelige iagttagelser til den rette forstaaelse. At strømme, saaledes som paapekt af Buchanan, spiller nogen rolle i sjøernes temperaturforhold og det deraf betingede islægningstidspunkt, er visselig tilfældet for nogle af vore sjøers vedkommende; men saadanne temperaturmaalinger, som er nødvendige for et exakt studium i saa henseende, foreligger ikke.

Richter¹ paapeger, at i de rækker af temperaturserier, som haves fra sjøer, som er under afkøling, er det ikke nogensinde paavist, at sjøen i hele sin dybde samtidig har høvt temperaturen for maximum af tæthed. Han slutter heraf, at dette, at der skulde gives et moment, hvori hele sjøen skulde have en temperatur af 4° , mere maa være et ideelt end et reelt tilfælde. Thi i virkeligheden har vandlag af en saa liden temperaturforskjel som nogle tiendedels grader en saa liden forskjel i tæthed, at vertikalstrømmene mellem lagene i regelen vil udvikles saa langsomt, at det øverste lag godt kan faa tid til ovenfra at afkøles yderligere, forinden blandingen af lagene er fuldbrydet.

Hvis vi for eksempel tænker os, at vi underst havde et lag af 4.2° og ovenpaa et lag, som var afkølet til 4.0° , vilde der selvfølgelig ske en udjevning af disse lag, idet det øverste vilde synke; men medens dette foregik, kunde det, hvis der var sterk afkøling fra overfladen, hænde, at det øverste af laget af 4.0° fremdeles afkøledes til 3.9° og videre til 3.8° , 3.7° , 3.6° o. s. v. Paa denne maade ser vi, at vi kan tænke os samtidig at have lag af 4.2° i dybet og 3.6° i overfladen.

Som følge heraf foretrækker Richter istedenfor at sige, at man under afkølingen i en sø har et tidspunkt, da hele sjøen har temperaturen for vandets maximum af tæthed, hellere at sige, at der under afkølingen er et tidspunkt, hvori lagstillingen forandrer sig fra den termisk direkte til den termisk omvendte, hvilket jo synes at være mere i exakt overensstemmelse med de observerede temperaturforhold.

Af disse Richter's iagttagelser finder vi muligens nøglen til forklaringen paa det faktum, at vi kan have temperaturer under 4° i et betydeligt dyb under sjøfladen, førend der lægger sig is paa sjøen.

Vi har nu fulgt de væsentlige træk af temperaturforholdenes aarlige periode. Vi har seet, at der under den opvarmning, som paagaar om vaaren, efterat isen er løsnet, sker en udjevning i temperaturen, indtil vandet i sjøens dyb og overflade har antaget en temperatur nær den for maximum af tæthed. Lagstillingen, som om vaaren var saadan, at det koldere vand befandt sig ovenpaa det varmere, forandres fra dette tidspunkt saaledes, at det varmere kommer til at flyde ovenpaa det koldere.

Denne lagstilling udvikles nu mere og mere udover sommeren samtidig med, at vandet opvarmes ned til et betragteligt dyb.

Om høsten afkøles sjøen, og naar dette sker, foregaar der atter en udjevning af temperaturen, indtil vandet ud paa høsten eller i begyndelsen

¹ Seestudien, pag. 50.

af vinteren har forandret sin lagstilling saaledes, at det koldere vand igjen kommer til at flyde ovenpaa det varmere. Men som vi har seet, kan der yderligere ske en afkøling langt under overfladen, forinden temperaturen i denne er naaet ned til 0° .

Afkølingen om høsten og videre udover vinteren er afhængig af mange faktorer. Vi har berørt, at varmen afgives ved udstraaing, ved kontakt med kold luft og kolde bredder, ved varmemeforbrug under for-
dunstning fra overfladen, ved varmemeforbrug under smeltning af tilført sne og ved optagelse af kolde tilløb og kold nedbør.

Disse faktorerers størrelse er forskjellig i de forskjellige aar og ved de forskjellige indsjøer. Den tid, som medgaar til afkølingen, maa derfor ogsaa være forskjellig de forskjellige aar og ved de forskjellige sjøer.

Vi har hidindtil forudsat, naar vi fulgte den aarlige periode i temperaturforholdene, at der altid var et schicht af vand med temperaturen for vandets maximum af tæthed i den nederste del af sjøen. Men dette vil kun være tilfælde, naar:

- 1) sjøen i løbet af sommeren bliver opvarmet mindst til vandets maximum af tæthed,
- 2) sjøen om vinteren afkøles til temperaturen for maximum af tæthed,
- 3) dybet er saa stort, at ikke sommervarmen eller vinterkulden trænger helt ned til bunden.

Hvis en af disse omstændigheder ikke finder sted, saa vil temperaturforholdene og de processer, hvorved disse forandres, være noget anderledes, end vi har udredet.

Opvarmes ikke en sjø om sommeren saa langt som til 4° , har vi, hvad *Forel* kalder en *kold* indsjø.

Vi har fra vore høiest liggende fjeldsjøer og fra vore bræsjøer flere eksempler paa saadanne. De sjøer, som man endnu ud i august maaned kan finde islagte, opvarmes neppe til 4° . Et eksempel paa en indsjø af denne type er *Dämmevatn*, hvor den høieste overfladetemperatur, som blev iagttaget i august i 1898, beløb sig til $1,8^{\circ}$. Flere indsjøer, som i regelen er islagte hele aaret, er omtalte foran, og disse maa ogsaa regnes til denne type.

I disse sjøer er lagstillingen altid den *termisk omvendte*: det varmeste vand maa findes nederst og det koldere ovenpaa.

I saadanne sjøer skal der saaledes kun en kort afkølingsperiode til, forat overfladevandet skal naa ned til 0° . Islægningen paa disse sjøer

maa foregaa meget tidlig paa høsten og vil saaledes blive af en egen art, hvorfor vi senere maa behandle dette tilfælde i et eget afsnit.

I sjøer, hvor temperaturen om vinteren ikke gaar ned til temperaturen for maximum af tæthed, bliver det omvendte tilfældet. I saadanne sjøer vil vi altid have den direkte termiske lagstilling: det koldeste vand nederst og det varmere ovenpaa. Saadanne sjøer vil ikke fryse til. Det er den indsjøtype, som *Forel* kalder *den tropiske*. Men saadanne har neppe vort land, som ligger under saa nordlige breddegrader. Hvorvidt et par sjøer i den sydligste del af landet tilhører denne type, kan man ikke have nogen begrundet mening om, idet saadanne temperaturmaalingen, som vilde kunne afgjøre det, ikke foreligger. Der findes i allefald ikke i vort land nogen sø, som ikke har været helt islagt, og hvor følgelig overfladevandet engang har været afkølet til 0°. Vi skulde derfor være tilbøielig til at antage, at der ikke findes nogen norsk indsjø, hvis bundvand om vinteren har en højere varmegrad end temperaturen for vandets maximum af tæthed.

Hvis dybet i en sø ikke er større, end at sommervarmen og vinterkulden kan trænge helt ned til bunden, vil sjøens temperaturforhold være noget anderledes, end vi før har udredet.

Hvis vinterkulden har trængt ned til de nederste lag, vil vi her finde en temperatur, som er lavere end den for vandets maximum af tæthed; men det koldeste vand vil selvfølgelig fremdeles være nærmest overfladen. Lagstillingen vil følgelig være den omvendte. Opvarmes overfladen efter isløsningen om vaaren, vil ogsaa i dette tilfælde det opvarmede vand synke og det koldere flyde ovenpaa, indtil temperaturen er udjævnet, og den direkte termiske lagstilling er indtraadt. Men processen vil tage en forholdsvis kort tid, idet opvarmningen i overfladen ikke behøver at gaa helt op til 4°, forinden den direkte termiske lagstilling indtræder, men kun til den temperatur, som de nederste lag havde, før opvarmningen begyndte. Ligesaa er det ogsaa om høsten med afkølingen af de mindre dybe indsjøer. Den maa i disse sjøer kunne skride langt hurtigere frem end i saadanne, hvor temperaturen i dybet altid er temperaturen for vandets maximum af tæthed.

Er nemlig sommervarmen trængt helt ned til bunden af sjøen, saaledes at der her er en højere temperatur end 4°, saa behøver det ovenfor værende vand ikke at afkøles længere ned end til denne temperatur, forat lagstillingen igjen skal blive den termisk omvendte.

Overfladevandet vil derfor kunne afkøles langt hurtigere i grunde sjøer end i dybe. Temperaturen i de grunde sjøer kan allerede tidlig

om høsten gaa ned til 0°, saaledes at vi paa disse maa faa en forholdsvis tidlig islægning.

Hvordan afkjølingen i en sjøs overflade skrider frem, maa følgelig i en væsentlig grad være afhængig af sjøens dyb.

B. Den daglige periode.

Vi har seet, ved hvilke processer temperaturforholdene i en sjø forandres. Vi har videre seet, hvorledes temperaturen i en sjø har en aarlig periode, idet der i de processer, som bevirker samme, er en saadan.

Men der er ogsaa i disse processer en daglig periode, og vi maa saaledes ogsaa faa en daglig periode i en sjøs temperaturforhold.

Forløbet af denne er i korthed saadan, at naar den direkte solvarme, udstraaling af varme fra atmosfæren og kontakt med opvarmet luft virker om dagen, vil sjøen opvarmes; men om natten, naar der foregaar udstraaling af varme fra sjøen og kontakt med afkølet luft, vil sjøen afkøles.

Sjøens temperaturperiode vil følgelig være af samme art som atmosfærens; men paa grund af vandets større specifikke varme vil temperaturforskjellen ikke merkes saa godt i sjøen som i atmosfæren.

Fra vort land besidder vi ikke temperaturmaalinger nok til at kunne bedømme den daglige variation i en indsjøs temperaturforholde; men fra flere andre steder har man gode iagttagelser herover.

Vi skal fra et arbejde af Richter¹ hidsætte nogle temperaturmaalinger fra Wörthersee:

2den—3die august 1890.

	kl. 10 fm.	11 fm.	12 m.	3.40 efm.	4.40 efm.	6 efm.	6.30 efm.	7.15 efm.	8 efm.	10 efm.	5 fm.	6.30 fm.
0 m.s dyb	24.4	24.6	25.9	27	27	26.1	25.3	25.2	25	24.6	22.5	22.5
1 » »	23.1	23.8	24.7	23.7	23.6	24.7	24.7	24.8	24.7	23.4	24	23
2 » »	22.9	23	23.1	23.2	23.4	23.4	23.5	24.6	24.6	23.2	23.1	23
3 » »	23	23	23.1	23.2	23.2	23.2	—	23.6	23.2	23	23.1	23.1
4 » »	22.6	22.5	22.9	22.9	23	23	23	23	22.7	22.1	22.4	22.9

¹ Seestudien, pag. 39.

Temperaturmaalingen er foretaget en varm, klar sommerdag.

Vi ser, at overfladetemperaturen har steget til ud paa eftermiddagen (kl. 4), hvorefter den forholdsvis raskt har aftaget, til den har naaet sit minimum en stund efter solopgang. Amplituden har udgjort 4.5° .

I 4 m.s dyb kunde ogsaa den daglige variation i temperaturen tydelig merkes; men i dette dyb indtraadte opvarmningen senere end i overfladen.

En saa stor daglig amplitude er imidlertid meget sjelden og forekommer kun i klare og varme sommerdage. Er det skyet, vil amplituden ikke være saa merkbar. Hvordan det i de forskjellige maaneder af aaret pleier at forholde sig med den daglige amplitude i overfladetemperaturen, giver en række i 1894 iagttagne temperaturer fra Millstättersee begreb om. Efter Richter¹ hidsættes:

	Maanedens gennemsnitlige daglige temperaturamplitude.	Den største iagttagne daglige amplitude i løbet af maaneden.	Den midlere temperaturforskjel fra den ene morgenobservation til den anden.
	°	°	°
Januar	0.9	1.7	0.56
Februar	1.4	2.6	0.33
Mars	1.5	4.4	0.59
April	2.3	4.6	0.66
Mai	1.77	3.3	0.62
Juni	2.01	5.0	0.54
Juli	2.09	6.0	0.44
August	1.87	4.8	0.43
September	0.96	2.2	0.31

Vi ser, at den gennemsnitlige temperaturforskjel fra dag til dag var gennemgaaende betydelig mindre end den daglige amplitude. Af dette kan sluttes, at hverken opvarmningen eller afkølingen gaar jevnt for sig, men den har hver dag sit maximum og minimum.

Videre sees, at der i løbet af høst og vinter er en mindre forskjel i den daglige temperaturamplitude, end der er om vaaren og sommeren.

Den daglige periode i temperaturen gjør sig ikke alene gjældende i overfladen. Vi har i de meddelte temperaturserier fra Wörthersee seet, at den gjorde sig gjældende ned til et dyb af 4 m.; men den kan merkes endnu dybere.

¹ Seestudien, p. 44.

For Genfersjøens vedkommende har *Forel*¹ godtgjort, at den kan paavises ned til et dyb af ca. 20—25 m.

*Grissinger*² har ofret dette spørgsmaal et mere indgaaende studium og har for at belyse det foretaget nøiagtige temperaturmaalinger i Weissensee. Maalingerne er foretagne 4 gange daglig mellem 1ste og 5te sept. 1891, og temperaturen er hver gang iagttaget for hver anden meter ned til 50 m.s dyb.

Det fremgaar af disse maalinger, at den daglige temperaturforandring har gaaet ned til et meget betragteligt dyb, idet den endog kunde spores ned til 30—35 m. Men variationen udviklede sig ikke samtidig i hele dette dyb. Fra overfladen og ned til et dyb af 4 m. var der et maximum i temperaturen ud paa eftermiddagen. I de lag, som laa 6—12 m. under overfladen, merkedes ikke døgnets høieste temperatur før ud paa kvelden, og i de dybere lag havde den daglige opvarmning ikke trængt ned før endnu senere, saaledes, at den i 30—35 m.s dyb først blev bemærket den derpaa følgende morgen. Variationen i overfladens temperatur var de observerede dage 2—3°, i et dyb af 4 m. var den op til 1°; i 12 m.s dyb 0.1°—0.2°, og i 30—35 m.s dyb beløb den sig kun til 0.1°.

Den daglige forandring i en sjøs temperaturforhold giver anledning til et meget interessant fænomen i sjøernes termiske forhold. Den omstændighed, at overfladevandet afkøles og synker ned til et vist dyb, bevirker nemlig en udjevning af temperaturen i de øverste lag, medens temperaturen i vandet nedenfor bliver mere uforandret. Grænsen for den daglige variation merkes derfor som et sprang i temperaturserierne og er nu under den tyske benævnelse «*Sprungschicht*» kjendt fra en mængde sjøer.

Fænomenet er først iagttaget og forklaret af *Richter*³, men er senere ogsaa iagttaget af *Forel*⁴, *Langenbeck*⁵, *Delebecque*⁶ m. fl.

Denne pludselige forandring af temperaturen i et vist dyb kan kun iagttages om sommeren, medens lagstillingen er den termisk direkte. Ud paa høsten, naar lagstillingen gaar over til den termisk omvendte, er *sprungschichtet* ikke iagttaget. For denne undersøgelse, som her fore-

¹ Le Léman, B, II, pag. 365.

² Peterm. Mitteil. 1892, p. 156.

³ *Richter*; Die Temperaturv. der Alpenseen.

⁴ Le Léman, p. 364.

⁵ *Hergesell* og *Langenbeck*: Die Seen der Südvogesen (Geogr. Abhandl. aus den Reichslanden Elsass-Lothringen, Heft 1, p. 193). *Langenbeck*: Über die Bildung der Sprungschicht in den Seen, Peterm. Mitteil. 1893, p. 122.

⁶ Les lacs français, p. 148.

ligger over betingelserne for afkølingen, indtil islægningen finder sted, kan imidlertid fænomenet ikke tænkes at have nogen direkte interesse, og vi behøver saaledes ikke at gaa nærmere ind herpaa.

Foruden den daglige og aarlige periodiske variation i en sjøs temperatur omtales ogsaa af *Forel*¹ en temperaturforandring, som udstrækker sig over et længere tidsrum, og som betegnes af ham som *variation cyclique*.

Vi besidder ikke fra vort land temperaturmaalingen nok til at afgjøre, hvorvidt en saadan kan paavises i de norske indsjøer; men vi skal efter *Forel* hidsætte nogle iagttagelser fra Genfersjøen, som er den sjø, hvorfra de længste serier af temperaturmaalingen haves.

Sommervarmen og vinterkulden naar, som det fremgaar af en mængde maalte temperaturserier, i denne sjø ned til et dyb af 100—120 m.

I de dybere lag skulde man derfor vente, at der var en konstant temperatur fra aar til andet; men dette viser sig ikke at være tilfældet. *Forel*² har efter forskellige kilder i følgende tabel sammenstillet de maalingen, som haves af temperaturen i de dybeste lag.

		Temperatur.
Februar	1779	5.4°
Februar	1870	5.2°
Mars	1871	5.4°
Juli	1873	5.9°
Februar	1874	5.5°
Mai	1879	5.2°
Mai	1880	4.4°
November	1881	4.7°
Februar	1883	4.9°
August	1884	5.1°
September	1885	5.6°
Juni	1886	5.0°
Mars	1887	5.1°
September	1889	4.7°
Januar	1891	4.0°
Januar	1892	4.15°
Mars	1892	4.4°
Februar	1894	4.65°
—	1896	5.4°

¹ Le Léman, B. II, pag. 355.

² l. c. pag. 356.

Vi ser, at temperaturen fra aar til aar har varieret betydelig, idet den viser en amplitude af op til $1,9^{\circ}$.

Forandringen har ikke foregaaet sprangvis, men det synes, som om temperaturen har steget næsten jevnt en række aar, indtil den har naaet et maximum, og derpaa aftaget jevnt til et minimum.

Fra 1870 steg den til 1873, da den naaede et maximum. Derpaa faldt den, indtil den i 1880 havde et minimum, steg derefter til et maximum i 1885 og faldt til et minimum i 1891, hvorefter den atter begyndte at stige.

Perioden fra maximum til maximum var følgelig i de observerede aar ca. 12 aar og fra minimum til minimum 11 aar. Det vil være altfor dristigt efter denne observationsrække, hvor kun én periode er iagttaget, at uddrage nogen bestemt slutning om periodiciteten af disse forandringer i sjøens temperaturforhold, eller om, hvorvidt samme kan sættes i forbindelse med de periodiske forandringer, som er paaviste i klimatologisk henseende og i sjøernes vandstandsforhold.

Vi vil her kun paapege, at saadanne forandringer, som udstrækker sig over flere aar, virkelig er paaviste i indsjøernes temperaturforhold.

Vi har nu seet, hvilke periodiske temperaturforandringer der finder sted i en indsjø: Der er en aarlig periodisk forandring, som gjør sig gjældende ned til et meget betydeligt dyb, efter *Schiøtz's* maalinge til over 150 m.; der er en daglig forandring, som er iagttaget ned til et dyb af 30—35 m., og der er iagttaget temperaturforandringer, som udstrækker sig over flere aar, og som er bemærket helt ned til de dybeste lag.

Men foruden disse forandringer, som er af regelmæssig natur, kan der ogsaa i sjøerne finde temperaturforandringer sted, som er af en mere lokal og uregelmæssig art.

I virkeligheden vil man neppe i en større indsjø finde, at de lag, som befinder sig i samme dyb, samtidig har nøjagtig samme temperatur. Det vil oftest vise sig, at saavel overfladevandet som vandet i dybet har en forskjellig temperatur paa de forskjellige steder i sjøen. Denne forskjel kan i enkelte sjøer være ganske betydelig, i andre kan den være mindre; enkelte gange kan man i samme sjø finde den større, andre gange mindre, og den maa saaledes være af helt lokal natur.

Vi skal pege paa nogle omstændigheder, som kan bevirke saadanne lokale temperaturforandringer.

Lad os antage, at vi har en indsjø, som er sammensat af flere bassiner, adskilte ved banker, som hæver sig næsten op mod overfladen.

Hvis for eksempel nogle af disse bassiner er dybe, men andre grunde, er det, efter hvad der før er udviklet, klart, at der vil være forskjellig temperatur i de tilsvarende horizontale lag i de forskjellige bassiner, idet de dybere bassiner vil opvarmes og afkøles senere end de grundere. Mellem bassinerne vil man over bankerne faa strømme, som vil søge at udjævne temperaturen; men forholdene kan ofte tænkes at være saadanne, at strømmene ikke formaar at udjævne temperaturen saa hurtig, som denne forandres i de forskjellige bassiner.

Opvarmningen og afkølingen er ofte forskjellig i den litorale del og den centrale del af sjøen. Afkølingen og opvarmningen fra bredderne spiller nemlig ingen direkte rolle ved temperaturforandringerne i den centrale del, medens den kan være betydelig i den litorale. Ogsaa af den grund kan der derfor tænkes at fremkomme temperaturforskjellighed i samme horizontale lag i sjøen. Paa grund af den forskjellige opvarmning ved bredderne og i den centrale del af sjøen, kan der ogsaa opstaa strømme, som søger at udjævne temperaturen, og som folgelig ved siden af at have andre aarsager ogsaa er afhængige af sjøens form.

For flere af de norske indsjøer, som har den eiendommelige langstrakte form, kommer hertil ogsaa et andet moment, som maa tages i betragtning. Det er, at der samtidig kan være nogen forskjel i varmetilførselen og varmetabet i de forskjellige dele af sjøen.

Ser vi for eksempel paa en sjø som Mjøsen, er her flere af de meteorologiske faktorer, som bevirker temperaturforandringerne, temmelig forskjellige paa de forskjellige steder.

Vil vi for eksempel betragte lufttemperaturen i maanederne oktober, november, december, januar og februar, saa er denne ved nordenden af sjøen, midt paa sjøen og ved sydenden samtidig temmelig forskjellig, saaledes som følgende normaltemperaturer for Lillehammer, Hamar og Eidsvold udviser¹:

Normaltemperatur for:					
	oktober	november	december	januar	februar
Lillehammer . .	+ 3.6°	÷ 2.3°	÷ 7.5°	÷ 7.9°	÷ 7.4°
Hamar	+ 3.7°	÷ 2.1°	÷ 7.1°	÷ 7.9°	÷ 8.2°
Eidsvold. . . .	+ 3.9°	÷ 1.2°	÷ 5.1°	÷ 6.3°	÷ 6.6°

¹ H. Mohn: Klimatabeller for Norge. Luftens Temperatur. Vidensk.selsk. Skrifter 1895, no. 10, p. 19.

Hertil kommer endnu et forhold, som maa bevirke nogen forskjel i opvarmningen og afkjølingen ved de forskjellige steder i en sjø, og det er opvarmningen og afkjølingen ved tilløbene. Hvor en stor elv falder ud i en liden sjø, vil temperaturen i sjøen selvsølgelig være meget afhængig af temperaturen i elven, og det kommer efter omstændighederne an paa, hvorvidt elven vil virke opvarmende eller afkølende. Men ikke alene ved udløbet, men ogsaa paa andre steder i sjøen vil den have sin indflydelse, som vil være større eller mindre, eftersom elvens vandføring er i forhold til sjøens størrelse, eftersom sjøens form og dybdeforhold er, og eftersom de øvrige lokale forhold kan være.

Lokale temperaturforskjelligheder kan ogsaa fremkomme som virkninger af strømme, der er foraarsagede af vinden.

Vi har ikke fra vort land saadanne temperaturserier, som udviser, at der i samme sjø samtidig kan være en forskjellig temperatur i samme horizontale lag, men vi skal efter *Delebecque*¹ hidsætte et eksempel herpaa:

Temperaturmaalingen er fra lac d'Aiguebelette og er foretagen 26de august 1891.

I.				II.	
Omtrent midt paa sjøen:				Nærmere nordenden:	
0	m.s	dyb	20,9°	21,9°	
10	»	»	10,0°	9,3°	
20	»	»	4,9°	4,8°	
40	»	»	4,2°	4,25°	

Som vi ser, er der paa de to steder i sjøen temmelig forskjellige temperaturforhold.

I en indsjø er sølgelig temperaturen dels underkastet visse periodiske forandringer, men ved siden af disse kan man ogsaa finde mere ujevne temperaturforandringer af en mere lokal art. Vil vi derfor undersøge, hvordan de forskjellige faktorer bevirker opvarmning og afkøling af søjerne, maa vi foruden at tage hensyn til de klimatiske omstændigheder, som under lige forhold virker ligedan ved alle søer, ogsaa for hver enkelt sjø tage hensyn til lokale faktorer, som der gjør sig gjældende.

Vi vil i det følgende afsnit behandle, hvorledes virkningen er af hver af de faktorer, som betinger *afkølingen* i en sjø, og søge at paa-vise, i hvilken grad de forskjellige faktorer gjør sig gjældende, indtil afkølingen er saa langt fremskreden, at tidspunktet for islægningen er forhaanden.

¹ Les lacs français, pag. 149.

Kapitel 5.

De forskjellige faktorer, hvoraf tidspunktet for islægningen er afhængigt.

Allerede før er det nævnt, ved hvilke processer varmen afgives fra en sjø. Det største varmetab sker i almindelighed ved udstraaling og ved kontakt med kold luft. Af undersøgelser af docent *Prytz*¹ og prof. *Christiansen*² fremgaar det, at udstraalingen i sin almindelighed spiller den største rolle. *Richter*³ har ogsaa gjort opmærksom herpaa, idet han omtaler, hvorledes man meget ofte kan finde, at temperaturen i en sjø er gaaet betydelig ned i løbet af en nat, uagtet sjøens temperatur har været høiere end luftens.

Bortledningen af varme er i væsentlig grad afhængig af temperaturfaldet, og vi maa derfor antage, at der ved denne proces afgives megen varme fra indsjørerne i enkelte dele af vort land, hvor vintertemperaturen kan gaa meget lavt ned.

Foruden ved disse to processer sker der ogsaa varmetab ved fordunstning fra overfladen og ved smeltning af tilført sne, samt ved optagelse af kolde tilløb. Fordunstningen er udpaa høsten og forvinteren, da den største afkøling foregaar, ikke synderlig betydelig, og det varmetab, som medgaar hertil, spiller neppe andet end en meget underordnet rolle under sjøens afkøling. Betydelig større kan varmetabet ved smeltning af sne, som er faldt ned i sjøen, være til sine tider; men dette varmetab er ikke blandt dem, som daglig foregaar i en sjø, og det maa i sammenligning med disse i regelen kun være af underordnet betydning.

I hvilken grad de forskjellige processer, som bevirker afkølingen, faar anledning til at gjøre sig gjældende, maa være afhængig af veirliget. Hvis det er klart og koldt, er saavel udstraaling som bortledning af varme betydelig; er det derimod overskyet og mildt veir, er udstraalingen og bortledningen ringe. Er der nedbør og vind, kan udstraalingen ikke virke saa sterkt; men er nedbøren sne, kan alligevel sjøen under saadant veir afkjøles ret betydelig.

¹ Beretning om Naturforskermodet i Kristiania 1886 s. 61.

² Om Betingelserne for Isdannelse. Oversigt over d. k. danske Vidensk. Selsk. Forh. 1891.

³ Seestudien, p. 35.

Hvis vi derfor vil undersøge, hvilke faktorer der bestemmer afkølingens fremadskriden, indtil tidspunktet for islægningen kan indtræde, maa vi tage hensyn til veirliget og undersøge, hvilken indflydelse dets elementer har paa afkølingens gang. De elementer af veirliget, som i denne henseende maa antages at gjøre sig gjældende, er *lufttemperaturen, skydækket, nedbøren og vinden*.

Vi vil behandle hver enkelt af elementerne for sig og se, hvilken indflydelse hver især har paa det tidligere eller sildigere tidspunkt for islægningen.

Men som vi ovenfor har seet, er ogsaa tiden, som medgaar for afkølingen i en sø, afhængig af andre forhold; den er for en væsentlig del afhængig af *sjøens dyb*, og videre af *sjøens form, størrelse, tilløb* og *omgivelser* samt af andre omstændigheder af mere lokal art. Vi maa derfor senere ogsaa undersøge, hvorledes tidspunktet for islægningen er betinget af hver enkelt af disse forhold.

I. De meteorologiske elementers forhold til islægnings-tidspunktet.

A. Lufttemperaturen.

En af de processer, hvorved der foregaar afkøling af en indsjø, er som omtalt, bortledning af varme til ovenforværende kold luft. En direkte følge heraf er, at den tid, som medgaar til afkølingen og følgende ogsaa islægningstidspunktet, for en del maa afhænge af lufttemperaturen. Men denne bestemmes ogsaa for en del af, i hvilken grad udstrålingen gjør sig gjældende, og man kan saaledes ogsaa sige, at lufttemperaturen paa en vis er et maal for, hvor sterkt udstrålingsprocessen gjør sig gjældende i en indsjø.

Vi ser saaledes, at lufttemperaturen maa betragtes som en omstændighed, der i væsentlig grad er en bestemmende faktor for islægnings-tidspunktets indtrædelse.

Naar der skal undersøges, hvilken rolle de forskellige meteorologiske elementer spiller med hensyn til islægningstidspunktet, kunde det tænkes, at det vilde være heldigt at tage for sig sjøer, som er beliggende under forskelligartede klimatiske forhold og gjøre sammenligninger. Dette vilde imidlertid neppe give noget sikkert resultat, idet det ikke vilde lykkes at finde sjøer, hvor de forskellige mere lokale aarsager, som forøvrigt betinger afkølingen, var lige. Man maa isteden

undersøge, hvorledes det er med forholdet mellem islægningstidspunktet og de meteorologiske elementer i de forskjellige aar ved samme sø.

Vi vil for at finde rede paa, i hvilken grad lufttemperaturen under afkjølingsprocessen om høsten har været bestemmende for tidspunktet for islægning, benytte os af de grafiske fremstillinger, som vil findes bag i bogen.

Paa de første af disse betegner den optrukne kurve den maanedlige lufttemperaturs gang i de forskjellige aar. Ordinaten 1 mm. svarer til en grad og abscissen 10 mm. svarer til et tidsrum af en maaned. Paa kurverne er med blaa farve betegnet den tid, da en nærliggende indsjø var tilfrossen. Ved siden af er med punkterede linjer optegnet en kurve, som angiver normaltemperaturen for vedkommende meteorologiske station. Af de to kurvers forløb i forhold til hinanden vil maanedens middeltemperaturs afvigelse fra det normale træde frem.

Paa planche 1 er fremstillet maanedstemperaturerne for *Granheim* for 8 maaneder af aaret fra 1870 til 1899. Den tid, da den nærliggende *Slidrefjord* var tilfrossen, er optrukket med blaat.

Af figuren fremgaar det, at islægningen har fundet sted til noksaa forskjellig tid, fra begyndelsen af november til begyndelsen af december.

Vi vil nærmere se, hvorledes det har været med tidspunktet i de forskjellige aar. Som før omtalt, er den normale islægningsdatum efter 30 aars iagttagelser 24de novbr., og vi ser, at sjøen flere aar har frosset til omkring dette tidspunkt. Saaledes:

1870, 1873, 1874, 1877, 1878, 1884, 1890, 1891, 1892, 1893, 1896, 1898.

Ser vi paa figuren, vil det bemerkes, at oktobers og novembers middeltemperatur i flere af disse aar laa meget nær normalen. Det var tilfældet i 1870, 1878, 1884, 1890, 1891, 1892, 1893, 1896, 1898.

I 1873 og 1877 var oktober ca. 2° for kold, men november var til gjengjæld for varm, saaledes at den midlere temperatur for begge maaneder bliver nær den midlere normaltemperatur. I 1874 var det omvendte tilfældet. Oktober var lidt for varm, men november var noget for kold.

Vi ser saaledes, at i samtlige aar, hvori Slidrefjorden har lagt sig ved det udregnede normaltidspunkt, har lufttemperaturen i gennemsnit været nær den normale.

Fjorden har lagt sig før 20de november følgende aar: 1871, 1875, 1876, 1879, 1880, 1882, 1887, 1888.

Samtlige disse aar har havt for kold temperatur, saavel i oktober som i november. I 4 af aarene fandt islægningen sted før 15de november, idet den i 1876 og 1880 foregik 11te november, i 1888 12te novbr.

og i 1887 15de novbr. I 1871, 1875 og 1882 indtraf den derimod paa et tidspunkt, som ligger nogle dage senere.

Som vi ser af den grafiske fremstilling, var lufttemperaturen saavel i oktober som november for kold i 1876, 1880 og 1888; men vi ser ogsaa, at der var et betydeligt underskud af varme i 1871 og 1875, og vi skulde derfor kunne vente, at islægningen havde indtruffet lige tidlig i disse aar. Naar saa ikke er skeet, maa det have sin grund i, at andre meteorologiske faktorer har gjort sig gjældende ved siden af lufttemperaturen.

Slidrefjorden har islagt sig efter 30te november i følgende aar: 1872, 1881, 1883, 1886, 1889, 1894 og 1897. I disse aar laa saavel oktobers som novembers middeltemperatur over normalen i 1872, 1883 og 1889. I de øvrige aar var derimod oktober for kold, medens november var for varm. Senest fandt islægningen sted i 1881, 1883, 1886 og 1894. Af disse aar laa oktobers middeltemperatur nær normalen i 1883 og 1886. I 1881 og 1894 var maaneden meget kold, november var derimod for varm, og tilrods for, at gennemsnittet for begge maaneders middeltemperatur ligger meget nær gennemsnittet for disse maaneders normale temperaturer, ser vi, at islægningen ikke fandt sted før ud i december.

Vi ser heraf, hvad vi forøvrigt maaske ogsaa kunde formode, at tidspunktet for islægningen væsentlig afhænger af temperaturen i november, eller af temperaturen paa den tid, da den væsensligste afkjøling foregaar.

Blandt de aar, Slidrefjorden frøs sent til, er der ogsaa nogle, som udviser uregelmæssigheder med hensyn til islægningstidspunktets indtræden i forhold til lufttemperaturen. Saaledes ser vi, at middeltemperaturen for oktober laa nær normalen i 1883 og 1886, medens november i 1883 var 1.5° for varm og i 1886 4.0° for varm, saa vi kunde vente, at islægningstidspunktet i 1886 var indtruffet senere end i 1883; men dette er ikke tilfældet. Islægningen fandt i 1883 sted 5te december, i 1886 3die december.

I 1894 var oktober 3° for kold, november derimod 2.9° for varm. Vi skulde efter dette have ventet, at islægningen havde fundet sted før end i 1886 f. eks.; men den seneste islægning paa Slidrefjorden, som er iagttaget i alle 30 aar, fandt sted i 1894, idet den ikke foregik før 8de december. For disse aar skulde vi saaledes antage, at andre af de faktorer, som er medvirkende under sjøens afkjøling, har gjort sig gjældende i forskjellig grad.

Islægningstidspunktet fandt i 1895 sted 21de novbr., følgelig kun et par dage før end normalt. Saavel oktober som november var for kolde dette aar, saaledes, at vi skulde have ventet en noget tidligere islægning.

Vi vil af det foregaaende have seet, at tidspunktet for, naar Slidrefjorden aar om andet fryser til, for den væsentligste del er afhængigt af lufttemperaturen udover høsten og da i en særlig grad af temperaturen i november; men vi ser ogsaa, at andre forhold synes at være medvirkende, saaledes at de i enkelte aar kan paaskynde eller forsinke islægningen i kortere tid.

Paa samme maade vil vi betragte forholdet mellem lufttemperaturen og islægningen ved Mjøsen. Kurverne paa planche 2 forestiller lufttemperaturens gang ved Hamar eller Eidsvold. Temperaturens gang kan i det hele taget neppe være saa synderlig forskjellig paa disse to steder, og derfor vil det ikke have nogen indflydelse, at vi for enkelte aar har været nødt til at bruge observationerne ved Eidsvold. Paa kurverne er med blaat indtegnet den tid, da hele Mjøsen har været islagt. Naar isdannelse i form af iskrav og tilisning af enkelte partier af den bredeste del af sjøen har holdt paa at udvikle sig, er dette paa et par steder antydet ved blaa punkter.

Af den grafiske fremstilling vil det fremgaa, at der i nogle aar har været is paa Mjøsen, i andre ikke. De aar, Mjøsen ikke har været helt tilfrossen, er følgende: 1871—72, 1872—73, 1873—74, 1877—78, 1879—80, 1881—82, 1886—87, 1893—94, 1897—98.

Af disse aar ligger de maanedlige middeltemperaturer fra høsten og udover hele vinteren betydelig for høit i 1873—74 og 1881—82. I 1897—98 var høstmaanederne oktober og november omtrent normale; men senere paa høsten og udover hele vinteren var temperaturen betydelig for høi.

I de tre aar var Mjøsen med undtagelse af den nordligste del aaben hele vinteren.

De øvrige af de 9 aar var sjøen islagt i sin nordlige del sydover til Gjøvik—Næs—Hamar; men i den sydlige del var den aaben hele vinteren. Hvis vi betragter, hvorledes det var med luftens temperatur i disse 6 aar, sees, at gennemsnittet af de maanedlige middeltemperaturer for høst- og vintermaanederne ogsaa da laa over gennemsnittet for de maanedlige normaler; men temperaturen var i det hele og store taget noget lavere end i hine tre aar. I 1893—94 var saaledes september noget for kold, oktober og november normale, men resten af høsten og hele vinteren udover havde et betydeligt varmeoverskud. I denne vinter laa der en kort tid i februar is saa langt syd som til Næs—Hamar, men forøvrigt laa ikke fast is længere syd end til Ringsaker.

I 1871—72, 1879—80 og 1886—87 var høstmaanederne og særlig december for kold, men resten af vintermaanederne var betydelig varmere end det normale. I disse 3 aar lagde der sig sent ud paa vinteren lidt is sydover til Hamar; men den laa ikke mange dage.

I 1872—73 var høstmaanederne for varme, december for kold, januar betydelig for varm, februar noget for varm, mars derimod for kold. Der lagde sig da ud i mars lidt is over den største del af sjøen; men store partier var isfri hele vinteren. I 1877—78 var høsten for varm, januar derimod lidt for kold, medens resten af vinteren var for varm. I det aar fandt ingen islægning sted uden paa den nordligste del, nordenfor Biri, før ud i januar maaned. Ved Hamar lagdes lidt is i slutten af januar; men allerede midt ud i februar gik den væk igjen.

Vi har nu betragtet, hvorledes det har været med lufttemperaturens gang i de aar, da Mjøsen ikke har været helt islagt, og vi har seet, at der i samtlige aar har været varmeoverskud.

Vi vil nu af den grafiske fremstilling uddrage nogle slutninger om, hvorledes det har forholdt sig med lufttemperaturen i de aar, sjøen har været helt tilfrossen.

Islægningspunktet har, ser vi, varieret betydelig. Det har indtruffet mellem sidste halvdel af december og første halvdel af mars. I følgende tabel findes aarene grupperede efter islægningstidspunkterne:

Islægningen indtruffen i							
december	januar			februar			mars
	fra 1ste—1ode.	fra 1ode—2ode.	fra 2ode—3ite.	fra 1ste—1ode.	fra 1ode—2ode.	fra 2ode til ud- gangen af maaned.	
1880—81	1876—77	1874—75	1870—71		1875—76		1885—86
	1882—83	1884—85	1878—79	1896—97	1887—88	1883—84	
	1890—91	1892—93	1891—92		1888—89		
	1895—96		1894—95 1898—99		1889—90		

Ved at sammenholde denne tabel med den grafiske fremstilling, ser vi, at der for aarene inden samme gruppe i tabellen er en umiskjendelig lighed i lufttemperaturens gang.

Af alle disse aar havde 1880—81 den koldeste høst og forvinter. Derfor kan det let forklares, at tidspunktet for islægningen indtraf saa tidlig det aar.

Ser vi paa, hvorledes det har forholdt sig med lufttemperaturen i de aar, da sjøen frøs til først i januar, saa vil det bemerkes, at der er stor overensstemmelse i kurverne for 1876—77 og 1882—83. I begge aar var oktober noget for varm, men november var for kold, og december havde et betydeligt underskud af varme. Høsten og forvinteren 1890—91 var derimod i det hele noget varmere, idet høsten udover var ganske normal, og i begyndelsen af december blev der varmeunderskud, som vedvarede udover til i begyndelsen af januar, efterat sjøen var helt tilfrossen; men senere omkring midten af januar skede der et veiromslag, saa isen brødes op, og senere udover var temperaturen for høi i sidste del af januar og hele februar; først ud i mars blev der kulde igjen, som bevirkede en ny islægning. I 1895—96 var det omtrent ligedan med temperaturforholdene; da lagdes is nogle dage omkring midten af januar; men den gik meget snart bort igjen.

I de aar, Mjøsen frøs til mellem 10de og 20de januar, ser vi ogsaa i det hele og store taget overensstemmelse i de maanedlige middeltemperaturer. Januar var i alle tre aar betydelig for kold, idet maaneden havde omkring 3° — 4° for lav temperatur; november og december var ogsaa kolde. Varmeunderskuddet var størst i december i 1874, medens det i 1884 fordeltes mellem saavel november som december. I 1892 havde december ogsaa en noget for lav temperatur, men november var 2° for varm. Oktober havde derimod i alle tre aar et varmeoverskud. Man skulde vente, at isen i disse tre aar havde lagt sig sidst i 1892—93, men saa er ikke tilfældet. Sjøen frøs i det aar til 15de januar, medens den i 1884 ikke frøs til før 20de januar.

De 5 aar, hvori islægningen fandt sted mellem 20de og udgangen af januar, viser ogsaa overensstemmelse med hensyn til lufttemperaturens gang. Der har i alle 5 aar været for lav temperatur i januar. I 1899 var maanedens varmeunderskud mindst, idet det udgjorde 1.4° ; men i de øvrige aar udgjorde det omkring 3° . Med decembers temperatur var det noget forskjelligt de 5 aar. Maaneden havde i 1870 og 1878 en betydelig for lav temperatur, men i de øvrige aar var den for høi. November var normal i 1870, 1891 og 1898, i 1878 var den for kold, men i 1894 var den for varm. Oktober var normal i 1898, for kold i 1870 og 1894, men for varm i 1878 og 1891.

Mjøsen frøs i 1870—71 og 1891—92 til paa samme datum; men man skulde have ventet, at den var tilfrossen tidligere i 1871, idet baade oktober og december 1870 havde varmeunderskud, medens de samme maaneder havde varmeoverskud i 1891; men januar var i 1892 til gengæld 1° koldere end i 1871, og vi ser saaledes, at lufttemperaturens

gang i den sidste del afkjølingsperioden, førend sjøen er tilfrossen, ogsaa maa have havt størst indflydelse paa Mjøsens islægning.

I 1898—99 var gjennemsnitstemperaturen hele høsten udover meget nær normal. December var meget for varm, men januar var 1.4° for kold.

1896—97 var af alle de iagttagne aar det, hvis lufttemperatur om høsten og vinteren laa nærmest normalen. September og oktober var meget nær normal. November var 1.4° for kold; men til gjengjæld var december 1.1° for varm. Januar var 0.7° for kold. Islægningen fandt det aar sted 2den februar. Det vil erindres, at vi før har beregnet den normale islægningsdatum for Mjøsen til 10de februar. Naar det tages i betragtning, at islægningstidspunktet sandsynligvis vilde have faldt nogle dage senere, hvis januar 1897 havde været 0.7° varmere, saa er der en unegtelig overensstemmelse med hensyn til tidspunktet for islægningen dette aar og med, hvad vi har beregnet som normalt. Stor sandsynlighed taler saaledes for, at der i aar med normal temperatur i løbet af høst og forvinter vil indtræffe islægning omkring det beregnede tidspunkt, 10de februar.

Vi vil nu af den grafiske fremstilling udlede, hvorledes det var med temperaturforholdene i de aar, hvori Mjøsen frøs til senere end normalt.

En lighed ved temperaturkurverne for disse aar falder straks i øiet, nemlig, at gjennemsnitstemperaturen for samtlige aar i december og januar er høiere end normalt. I 1875—76 var december ganske lidt, 0.2° , for kold, men januar var næsten 1° for varm; i 1883—84 var december noget for varm, men januar omtrent normal. I 1887—88 var december 0.3° for kold, men januar 1.5° for varm, og i 1888—89 og 1889—90 var der et betydeligt overskud af varme saavel i december som januar. November og oktober var derimod i aarene 1875 og 1887 ca. 2° for kolde, i 1888 var de samme maaneder 1° for kold, men i 1883 og 1889 var de varmere end normalt.

Den seneste islægning foregik i 1885—86. I dette aar var saavel oktober som november koldere end normalt; december og januar var derimod for varme, men havde ikke saa stort overskud af varme som i 1888—89 og 1889—90. Februar havde en middeltemperatur, som laa over det normale i 1890, men en temperatur lidt under det normale i 1889 og 1886.

Vi skulde efter lufttemperaturens gang i de tre sidstnævnte aar have ventet, at islægningen havde indtruffet tidligst i 1885—86 og senere i 1888—89 og 1889—90; men saa er ikke tilfældet. Medens sjøen frøs til 15de februar i 1889 og 18de februar i 1890, slagdes den ikke før 3die mars i 1886. Dette synes at være en uregelmæssighed i det for-

hold, som vi i det store og hele har seet, at der hersker mellem luft-temperaturen og tidspunktet for islægningen. Før er ogsaa gjort opmærksom paa nogle saadanne uregelmæssigheder. Disse vil bedre sees af nedenstaaende tabel, hvor de maanedlige middeltemperaturers afvigelse fra det normale i de forskjellige aar findes opskreven. Aarene er ordnede efter den rækkefølge, i hvilken islægningen indtraadte, og datoen for islægningen i de forskjellige aar er ogsaa angivet.

Aar	Naar islægningen indtraf.	Den maanedlige middeltemperaturers afvigelse fra normalen.					
		Oktober	November	December	Januar	Februar	Mars
		°	°	°	°	°	°
1880—81	24de dec.	÷ 5.7	÷ 2.6	÷ 4.4	—	—	—
1876—77	3die jan.	÷ 0.6	÷ 2.8	÷ 6.4	—	—	—
1882—83	9de jan.	+ 0.3	÷ 2.3	÷ 2.0	—	—	—
[1890—91]	10de jan.	÷ 1.1	+ 0.1	÷ 1.7	—	—	—
[1895—96]	13de jan.	÷ 1.7	÷ 0.4	÷ 0.9	—	—	—
1874—75	13de jan.	+ 2.3	0.0	÷ 4.7	—	—	—
1892—93	15de jan.	+ 0.4	+ 2.0	÷ 0.6	÷ 3.3	—	—
1884—85	20de jan.	+ 0.9	÷ 1.7	÷ 1.3	÷ 4.2	—	—
1878—79	22de jan.	+ 2.0	÷ 1.4	÷ 3.2	÷ 3.0	—	—
1870—71	24de jan.	÷ 1.9	0.0	÷ 4.8	÷ 2.9	—	—
1891—92	24de jan.	+ 2.8	0.0	+ 1.8	÷ 3.9	—	—
1894—95	26de jan.	÷ 2.1	+ 2.9	+ 2.9	÷ 3.7	—	—
1898—99	27de jan.	+ 0.2	+ 0.1	+ 2.4	÷ 1.4	—	—
1896—97	2den febr.	0.0	÷ 1.4	+ 1.1	÷ 0.7	—	—
1887—88	14de febr.	÷ 1.4	÷ 0.8	÷ 0.3	+ 1.5	÷ 3.5	—
1888—89	15de febr.	÷ 0.7	÷ 0.7	+ 4.1	+ 2.9	÷ 0.6	—
1875—76	16de febr.	÷ 2.4	÷ 1.3	÷ 0.2	+ 0.7	÷ 0.7	—
1889—90	18de febr.	+ 1.5	+ 1.1	+ 2.9	+ 5.7	+ 1.2	—
1883—84	21de febr.	÷ 0.5	+ 2.4	+ 0.8	÷ 0.4	+ 2.4	—
1885—86	3die mars.	÷ 1.6	÷ 2.0	+ 1.8	+ 0.9	÷ 0.3	—
1871—72	Ikke islagt	÷ 0.8	÷ 2.7	÷ 1.5	+ 1.8	+ 2.5	+ 0.4
1872—73	do.	+ 1.9	+ 1.6	÷ 1.2	+ 4.7	+ 2.1	÷ 0.8
1877—78	do.	÷ 1.7	+ 3.5	+ 1.4	÷ 0.8	+ 3.4	+ 2.1

Aar	Naar islægningen indtraf.	Den maanedlige middeltemperaturs afvigelse fra normalen.					
		Oktober	November	December	Januar	Februar	Mars
1879—80	Ikke islagt	$\div 0.8$	$\div 1.2$	$\div 2.3$	$+ 0.5$	$+ 4.4$	$+ 2.8$
1886—87	do.	0,0	$+ 2.8$	$\div 3.8$	$+ 3.8$	$+ 4.2$	$+ 2.8$
1893—94	do.	$+ 0.4$	$\div 1.0$	$+ 4.2$	$+ 3.9$	$+ 3.5$	$+ 4.4$
1873—74	do.	$\div 1.0$	$+ 0.4$	$+ 2.7$	$+ 3.5$	$+ 4.7$	$+ 1.7$
1881—82	do.	$\div 2.4$	$+ 0.8$	$+ 3.6$	$+ 4.6$	$+ 3.0$	$+ 3.3$
1897—98	do.	$\div 0.6$	$\div 0.6$	$+ 3.9$	$+ 6.9$	$+ 2.7$	$+ 0.5$

Det fremgaar af det ovenfor paapegte og maaske tydeligst af tabellen, hvilken stor indflydelse lufttemperaturen har havt paa tidspunktet for islægningen paa Mjøsen.

Vi ser, at der var betydeligt varmeunderskud i de aar, sjøen frøs tidlig til, og videre, at de maanedlige temperaturmedier ikke laa synderlig langt fra det normale i de aar, sjøen frøs til i begyndelsen af februar, og at der gennemgaende var for høi temperatur, i særdeleshed i den sidste del af afkjølingsperioden i de aar, sjøen var aaben hele vinteren.

Nogle aar skulde vi efter de maanedlige middeltemperaturers afvigelse fra det normale have ventet, at islægningen havde indtraadt lidt før eller senere. Dette kan tænkes at have sin aarsag i, at de øvrige meteorologiske faktorer, som har været medvirkende under afkjølingens forløb, har været af en noget forskjellig natur i de forskjellige aar.

Det kan imidlertid ogsaa tænkes, at vi ved kun at betragte de maanedlige middeltemperaturer har faaet en noget skjev forestilling om lufttemperaturens rette forhold og gang. Vi kunde for eksempel tænke os, at vi en vintermaaned havde en lang kuldeperiode, og at veiret efter denne pludselig slog om, saaledes at vi i samme maaned fik en periode med varmegrader. Afkjølingen i sjøen, som gik raskt og jevnt for sig under kuldeperioden, vilde sandsynligvis stanse efter veiromslaget, og man vilde kanske ogsaa merke nogen opvarmning under varmeperioden. Men naar det erindres, hvor langsomt temperaturvekslingen foregaar i en sjø i sammenligning med i luften, og naar vi ogsaa erindrer, at afkjølingen fra en sjø for en væsentlig del foregaar ved udstraaling, kan det ikke antages, at et saadant veiromslag paa langt nær spiller den rolle i sjøens varmekonhold som i luftens. Om dette bevirke, at luftens maanedlige gennemsnitstemperatur hævedes betydelig, er det

derfor ikke sandsynligt, at det vilde bevirke en forholdsvis lige stor varmemeforøgelse i sjøen. Dennes temperatur vilde være væsentlig bestemt af den kuldeperiode, som var tilstede, før veiromslaget indtraadte.

Man kan saaledes være udsat for at gjøre feilslutninger, hvis man vil udlede for meget af de maanedlige middeltemperaturers indflydelse paa tidspunktet for islægningen.

Vi skal ogsaa nævne et andet eksempel herpaa. Mjøsen islagdes i 1889—90 den 18de februar. Vi har seet, at der det aar var overskud af varme hele høsten og vinteren udover ligetil ud i februar. Vi skulde folgelig ved sammenligning med de øvrige aars maanedlige middeltemperaturer vente, at der ikke havde fundet nogen islægning sted paa sjøen det aar, eller ialfald, at den havde indtruffet paa en senere datum. Men nu er det virkelige forhold, at der i begyndelsen af februar var en kuldeperiode, og under denne foregik afkjølingen saa sterkt, at islægnings-tidspunktet kunde indtræffe. Resten af maaneden var derimod for varm, og heraf kommer det, at dens middeltemperatur blev for høi.

Hvis vi derfor med mere nøiagtighed vilde afgjøre lufttemperaturens indflydelse paa islægningstidspunktet, maatte vi ogsaa betragte temperaturen for kortere tidsrum end for en maaned. Senere vil vi derfor betragte kurver, som fremstiller den daglige temperaturs gang ved Mjøsen; men først vil vi se lidt paa forholdet mellem de maanedlige middeltemperaturer og islægningstidspunktet ved nogle andre af vore sjøer.

Paa planche 2 er for nogle aar med en pil antydnet islægningstidspunktet for Randsfjorden. Vi ser, at islægningstidspunktet ogsaa her staar i nøie forhold til lufttemperaturen.

Som det vil erindres, er normaltidspunktet for islægningen af Randsfjorden udregnet at være 7de januar.

Betrakter vi nu et aar som f. eks. 1896—97, hvor temperaturforholdene var meget nær normale, idet september og oktober var normale, november lidt for kold, men december lige meget for varm, saa vil det sees, at islægningstidspunktet ogsaa indtraf normalt, 5: i de første dage af januar.

Ser vi saa paa et aar som 1897—98, vil vi finde, at temperaturen efter i september og oktober at have været næsten normal, fra noget før midten af november bliver for høi og naar maximum i midten af januar, og vedbliver at være for høi helt til ud i april. I dette, hvad temperaturforholdene angaar, unormale aar lægger der sig ikke is paa Randsfjorden før omtrent en uge ud i februar.

I nogle aar lagde denne indsjø sig før normalt, nemlig i aarene 1886—87, 90 og 95.

I 1886 var sidste halvpart af oktober, hele november og den første del af december for varm; men i december var der et betydeligt underskud af varme, hvilket har bevirket den tidligere islægning. I 1887 var omtrent hele høsten og forvinteren for kold, i 1890 var oktober og november omtrent normale, medens december var for kold. 1895 havde en for kold høst, den sidste del af november var imidlertid for varm, medens december atter havde underskud af varme.

Paa planche 3 er Kristianias maanedlige middeltemperatur fra oktober til mai fra 1883 til 1898 grafisk fremstillet, og med blaåt er indtegnet den tid, da Øieren har været islagt de forskellige aar.

Islægningstidspunktet har i disse varieret mellem 7de november og 16de december.

Vi ser, at der har været for lav temperatur i høstmaanederne og særlig i november i aar, hvori sjøen frøs til i november, saaledes i 1884, 1885, 1887, 1888, 1891, 1893, 1895, 1896.

Oktober og november i aarene 1890 og 1897 havde en temperatur meget nær normalen, og da foregik islægningen i begge aar den 27de november. Vi har beregnet den normale islægningsdatum for Øieren til 29de november, og vi ser, at tidspunktet har indtruffet paa denne tid, naar høstmaanedernes temperatur har været normal.

Øieren frøs først til i december i følgende aar: 1883, 1886, 1889, 1892, 1894. Disse aars temperaturer, ser vi, ligger i de nævnte maaneder gjennemgaaende over normalen.

Vi vil af nedenstaaende tabel se, hvor stor afvigelsen fra det normale var i oktobers og novembers temperatur de forskellige aar. Islægningsdatoen findes ogsaa her angivet, og aarene er ordnede efter den rækkefølge, hvori islægningen de forskellige aar fandt sted.

Aar	Islægnings- datum for Øieren	Afvigelse fra normaltemperaturen i			
		september	oktober	november	december
1893	9de novbr.	\div 1.3	$+$ 0.4	\div 1.7	—
1896	13de novbr.	$+$ 0.2	$+$ 0.5	\div 1.8	—
1887	16de novbr.	\div 0.2	\div 1.2	\div 1.0	—
1885	21de novbr.	\div 1.6	\div 1.6	\div 0.8	—
1888	22de novbr.	\div 0.1	\div 1.2	\div 0.9	—

Aar	Islægnings- datum for Øieren	Afgivelse fra normaltemperaturen i			
		september	oktober	november	december
		°	°	°	°
1884	22de novbr.	+ 2.5	+ 1.6	÷ 0.7	—
1891	24de novbr.	+ 0.2	+ 2.4	÷ 0.7	—
1895	26de novbr.	+ 0.8	÷ 2.1	÷ 0.6	—
1897	27de novbr.	÷ 0.4	÷ 0.5	+ 0.3	—
1890	27de novbr.	÷ 1.1	+ 0.7	+ 0.6	—
1889	1ste decbr.	÷ 1.5	+ 1.6	+ 1.0	—
1892	2den decbr.	÷ 0.5	+ 0.4	+ 1.9	—
1894	2den decbr.	÷ 1.4	÷ 1.3	+ 2.8	—
1886	3die decbr.	÷ 0.5	+ 0.2	+ 2.7	—
1883	5te decbr.	÷ 0.4	+ 0.1	+ 2.2	—
1898	16de decbr.	0.0	+ 0.6	+ 0.8	+ 2.2

Tabellen udviser en meget stor regelmæssighed mellem afvigelsen fra den normale temperatur i november og islægningsdatoen, idet de aar, hvori maaneden var koldere, havde en tidligere islægning. Den eneste afvigelse fra regelen er i 1898; men det aar var december betydelig for varm, saa dette kan forklare, at sjøen ikke frøs til før 16de december.

Paa samme planche og paa planche 4 er lufttemperaturen ved Norsjø grafisk fremstillet, og paa den før beskrevne maade er indtegnet, naar denne sjø var tilfrossen de forskellige aar.

Sammenlignes disse kurver med dem, som fremstiller temperaturen ved Mjøsen, sees, at de maanedlige medier for begge egne af landet udviser stor overensstemmelse med hensyn til afvigelse fra det normale. De maaneder, som har været for kolde ved Mjøsen, har i regelen ogsaa været for kolde ved Norsjø. Islægningen paa de to sjøer er ogsaa temmelig ens. De aar, Mjøsen har været islagt, har ogsaa Norsjø pleiet at være det. En undtagelse danner 1889—90, da der var is paa Mjøsen, men ikke paa Norsjø. Vi har før paapekt, at islægningen paa Mjøsen dette aar synes at være en uregelmæssighed, idet aaret gjennemgaaende havde saa stort varmeoverskud, at vi ikke skulde have ventet islægning.

Den normale islægning paa Norsjø er før beregnet at foregaa omkring 10de februar.

Betragtes figuren, vil man se, at hele høsten udover og ligesaa december var meget nær normal i 1896—97. Januar derimod var noget

for kold. Dette aar skede islægningen i de første dage af februar. Antages det, at denne vilde have indtruffet nogle dage senere, hvis januar havde været normal, saa skulde man kunne formode, at islægningen i aar, hvori lufttemperaturen var normal udover hele høsten og forvinteren, vilde foregaa omkring det beregnede tidspunkt.

Man har paa de temperaturkurver, som findes paa planche 4, med en pil antydnet den tid, da Bandakvandene var tilfrosne. Islægningen paa disse vand, ser vi, sker i regelen adskillig tid, før den foregaar paa Norsjø.

I enkelte aar som i 1895—96 kan det hænde, at vandene er tilfrosne, medens Norsjø er aaben; men i en vinter med betydeligt overskud af varme, som i 1893—94, er ogsaa disse aabne.

Ogsaa tidspunktet for islægningen paa Bandakvandene har for en væsentlig del været afhængigt af, hvordan de maanedlige middeltemperaturer har været i forhold til det normale.

Vi vil for de 8 sidste aar skrive op oktobers, novembers, decembers og januars afvigelse fra det normale og ordne aarene i den rækkefølge, hvori islægningen i de forskellige aar fandt sted.

Aar	Islægningen indtr.	Afgivelse fra normaltemperaturen i				
		oktbr.	novbr.	decbr.	jan.	febr.
		°	°	°	°	°
1892—93	2den januar	÷ 0.2	+ 1.7	÷ 1.4	÷ 4.8	—
1895—96	7de januar	÷ 1.1	+ 0.5	÷ 0.2	+ 1.7	—
1891—92	2ode januar	+ 2.1	÷ 0.5	0.0	÷ 2.7	—
1894—95	23de januar	÷ 1.2	+ 3.2	+ 2.9	÷ 3.8	—
1898—99	24de januar	+ 0.9	+ 1.0	+ 3.2	÷ 0.8	—
1896—97	25de januar	÷ 0.4	+ 1.1	+ 0.3	÷ 3.0	—
1893—94	Ikke islagte	+ 0.5	+ 0.1	+ 3.8	+ 1.5	+ 1.3
1897—98	do. do.	+ 0.2	+ 1.4	+ 2.1	+ 5.4	+ 0.2

Vi ser, at særlig temperaturen i december har været bestemmende for islægningstidspunktet paa Bandakvandene. Man skulde kanske ikke have ventet, at islægningen var indtraadt saa tidlig i 1896; men det sees, at der den vinter allerede var et betydeligt temperaturunderskud i oktober, og november var kun 0.5° for varm. I de to aar, da der ikke

lagdes is paa vandene, var der udover hele høsten og vinteren en betydelig for høi temperatur.

Vi vil af det foregaaende have seet, at lufttemperaturen ogsaa har øvet en overveiende indflydelse paa, naar islægningen i de forskjellige aar er indtraadt paa sjøerne i nedre Telemarken.

Vi vil nu gaa over til at se paa, hvorledes forholdet har været mellem de maanedlige middeltemperaturer og islægningen i de egne af det sydlige Norge, hvor det strengeste vinterklima findes.

Paa planche 4 er der grafiske fremstillinger af maanedstemperaturerne ved Roros, og paa disse er afsat den tid, da Fæmunden har været islagt. Sikre data for, naar islægningen foregik paa Fæmunden, haves kun fra de 5 sidste aar. Islægningstidspunktet har i disse aar varieret mellem 30te november og 7de januar. Det normale tidspunkt for sjøens islægning har vi, som erindres, beregnet til 16de december.

Betragtes den grafiske fremstilling, vil det sees, at temperaturen udover hele høsten 1896 var normal. Fæmunden frøs det aar til 14de december, og vi ser saaledes, at islægningstidspunktet er indtraadt omkring det beregnede tidspunkt, naar lufttemperaturen udover høsten har været normal.

Tidspunktet indtraadte ogsaa normalt i 1895. I dette aar var september og oktober omtrent normale, november noget for varm, men december til gjengæld noget for kold.

I de aar, Fæmunden islagdes i januar: vintrene 1894—95 og 1897—98, har der været for høi temperatur.

I 1897 var det væsentligste overskud i december, og da indtraf islægningen sidst; i 1894 faldt overskuddet noget mere fordelt paa saavel november som december. Islægningen fandt i 1897—98 sted 7de januar og i 1894—95 1ste januar. Vi ser ogsaa her, som før paapekt, at temperaturen i maaneden lige før islægningen finder sted, har størst indflydelse paa afkjølingens gang.

I de 5 aar frøs Fæmunden tidligst til i 1898. September og oktober var det aar meget nær normale; men november var 1.2° for kold.

I samtlige aar, hvori islægningstidspunktet har været iagttaget ved Fæmunden, har den følgelig indtruffet i forhold til lufttemperaturens tilstand udover høsten.

Vi vil ogsaa se paa, hvorledes det har været med forholdet mellem lufttemperaturen og tidspunktet for islægningen paa Vestlandet.

Paa planche 4 fremstilles ogsaa de maanedlige middeltemperaturers gang ved Voss, og vi vil betragte, hvilken indflydelse lufttemperaturen har

havt paa, naar Vangsvatn i Voss har frosset til. Det viser sig, at tidspunktet er indtraadt tidligere eller sildigere, eftersom høstmaanederne har været kolde eller varme.

I 1892 var oktober og november for varm, december derimod noget for kold, og da frøs vandet til adskillig senere end i 1893, da november havde et betydeligt underskud af varme. I 1893 brødes imidlertid isen op igjen. Vi ser, at december det aar var meget for varm, og dette forklarer, at saa kunde ske.

I 1894 foregik islægningen sent, da der saavel i november som i december var et betydeligt varmeoverskud.

Høsten udover var gjennemsnitlig normal i 1895 og 1896, og da indtraadte islægningen omtrent paa det tidspunkt, som vi har beregnet som normaltidspunkt for islægningen paa Vangsvatnet.

I 1897 var høstmaanederne temmelig nær normale; men vandet frøs det aar til 7de december, som er ca. 14 dage før normalt.

I 1898 var ogsaa oktober og november omtrent normale; men dette aar havde en betydelig for høi temperatur i december. Dette forsinkede islægningen noget, saaledes, at den først foregik i de sidste dage af maaneden.

Paa den grafiske fremstilling af maanedstemperaturerne ved Voss er ogsaa islægningsforholdene ved Hornindalsvatn antydet. I løbet af de iagttagne 7 aar har dette vand kun været islagt 1 aar, nemlig i vinteren 1894—95. Denne vinter var af de nævnte 7 aar den koldeste paa Voss og antagelig ogsaa i Nordfjord, og dette forklarer, at Hornindalsvatnet frøs til det aar.

Det vil nu være tilstrækkelig godtgjort, at islægningstidspunktet ved en række sjøer i de forskjellige aar er indtraadt før eller senere, eftersom høsten og forvinteren har været koldere eller mildere.

Vi har seet, at lufttemperaturen er en væsentlig faktor til at bestemme afkjølingsprocessens gang, indtil denne er saa langt fremskreden, at isdannelse kan finde sted.

Det er før berørt, at man for mere nøiagtig at betragte lufttemperaturens indflydelse paa islægningen har optegnet nogle kurver, som angiver den daglige temperaturs gang ved Mjøsen i de samme aar, hvoraf vi før har fremstillet maanedsmidierne.

Man har valgt Mjøsen, dels af den grund, at de bedste optegnelser angaaende isforholdene findes fra denne indsjø, dels, fordi der forefindes en lang tids meteorologiske iagttagelser fra denne egn af landet, men væsentlig, fordi islægningsforholdene paa Mjøsen har været saa ujevne

de forskellige aar, at der specielt ved denne sø maa tænkes at komme tilsyne, i hvilken grad de meteorologiske elementer har betinget islægningstidspunktet.

Den temperatur, som er afsat for hver dag, er morgenobservationens, idet denne ligger nærmest den daglige middeltemperatur, og da det er indres, at den daglige temperaturamplitude i regelen ikke er synderlig stor i de maaneder af aaret, hvori temperaturen er optegnet, kan feilen ved at anføre morgenobservationerne ikke være af nogen væsentlig betydning. Ordinaten er her valgt 2 mm. for hver grad, og abscissen er 1 mm. for hver dag.

Paa kurverne er med blaat indtegnet, naar søen har været helt tilfrossen. Naar der har været iskrav over store strækninger af den bredeste del af søen mellem Helgøen—Hamar og sydover, eller naar der over store partier af denne del af Mjøsen har lagt sig is, er dette anført ved afbrudte, blaa linjer.

For hver kurve er mellem to piler antydet, naar isen har ligget i den nordligste del af søen fra Lillehammer og sydover nogle kilometer, og paa samme maade er angivet, naar der har ligget is mellem Gjøvik—Næs—Hamar. Med en blaa, buftet linje mellem to piler er fra 1883 angivet den tid, da Vormen har været tilfrossen ved Eidsvold.

For hver maaned er med sorte, punkterede linjer angivet maanedens middeltemperatur og med en rød, optrukken linje maanedens normaltemperatur.

Vi vil se paa, hvordan det har forholdt sig med lufttemperaturens gang og islægningen for hvert aar i den rækkefølge, aarene følger paa hinanden.

I 1870—71 (se planche 5) var der i oktober nogle dage med kuldegrader omkring midten af maaneden; men ellers var temperaturen forholdsvis jevn mellem 0 og + 7°. November havde kun 3—4 dage med temperatur under ÷ 5°, ellers var den meget jevn, lidt over og lidt under 0°. I december var der derimod en mere vekslende temperatur. De første dage af maaneden var kolde; men den 4de gik termometeret op til + 5°. Saa indtraf et par dage med kulde, hvorunder termometeret sank ned til ÷ 19°. Omkring midten af maaneden var der et par dage med varmegrader; men senere indtraadte en lang kuldeperiode, som varede ca. 20 dage.

Den 7de januar gik termometeret op til 0°, men sank igjen de nærmeste dage, saa det den 13de viste ÷ 21,6°, hvorefter der skede

veiiromslag, saa der den 15de januar blev varmegrader. Mildveiret varede en uges tid, og derpaa sank termometeret atter ned til $\div 10^{\circ}$.

Isen, som havde lagt sig til Ringsaker den 19de december i begyndelsen af kuldeperioden, lagdes allerede den 26de december til Gjøvik—Næs—Hamar og vilde formodentlig have lagt sig over hele sjøen i den første halvdel af januar, hvis ikke mildveiret var indtraadt.

Men vi ser, at sjøen ikke frøs til, før en ny kuldeperiode var indtraadt.

I 1871—72 var der et par dage med kuldegrader i begyndelsen af oktober, ellers viste termometeret i hele maaneden varmegrader. I begyndelsen af november sank det under nulpunktet, og i resten af maaneden var der en vekslende temperatur fra ca. $+ 5^{\circ}$ til $\div 12^{\circ}$. Gjennemsnitlig laa maanedens middeltemperatur et par grader lavere end det normale.

I begyndelsen af december var der en længere kuldeperiode, med ned til 18° s kulde; men senere var hele vinteren udover med undtagelse af enkelte kolde dage indimellem meget mild helt udover til i de sidste dage af februar og i de første dage af mars, da termometeret et par dage i træk var ved $\div 15^{\circ}$. Allerede den 3die mars gik imidlertid temperaturen op til varmegrader igjen, og lige til midten af maaneden var der mildt veir.

Da indtraf der en kuldeperiode, som varede til den 27de. Den vinter, som saaledes maa betegnes som meget mild, lagde isen sig kun saa langt syd som til Gjøvik.

Ved nordenden lagde isen sig den 25de november.

Sydover til Ringsaker lagdes is under kuldeperioden omkring midten af december; men fra at mildveiret indtraadte i december, skred afkjølingen ikke saa langt frem, at isen kunde lægges syd til Gjøvik før efter kuldedagene i slutten af februar.

Isen ved Gjøvik løsnede imidlertid under mildveiret i begyndelsen af mars og lagdes først paanyt under kuldeperioden i sidste halvdel af mars.

I 1872—73 var oktobers temperatur i det hele taget for høi, og den varierede ikke synderlig. Noget før midten af november ser vi, at der var en kuldeperiode, hvorunder sjøen frøs til i nordenden. Temperaturen steg igjen i slutten af maaneden, men i den største del af december var der atter en kuldeperiode, som gjorde, at maanedens middeltemperatur kom under det normale, uagtet der i den sidste uge af maaneden var dage med flere varmegrader.

Under denne kuldeperiode islagdes sjøen syd til Ringsaker, og der begyndte at lægge sig is mellem Næs og Hamar; men isen gik op igjen ved det indtrædende mildveir.

Januar var i det hele meget mild; men temperaturen var jevnt synkende i den sidste halvdel af maaneden. Termometeret viste i de sidste dage af denne maaned $\div 10^{\circ}$, og da lagde isen sig paanyt mellem Toten—Næs—Hamar.

I begyndelsen af februar var det fremdeles koldt, og da lagdes is over store partier af sjøen, saa man kunde formode, at denne vilde fryse helt til; men saa indtraf der et omslag i midten af maaneden, som gjorde, at isen brødes op igjen over store dele.

Senere, i den sidste del af februar og i mars, var der en meget vekslende temperatur. Termometeret sank flere gange under $\div 20^{\circ}$, men kulden holdt sig ikke mange dage.

Under disse kuldedage lagdes der is flere gange, men den brødes gjentagende op igjen.

Vinteren 1873—74 var i det hele usedvanlig mild; der var i løbet af hele høsten og vinteren udover kun faa dage, hvor termometeret stod under $\div 5^{\circ}$, og i december saavel som i januar og februar var der flere dage med varmegrader. Først omkring midten af december var afkjølingen saa langt fremskreden, at der kunde lægges is i nordenden, og ikke før ud i februar lagde isen sig saa langt syd som til Ringsaker.

Søndenfor var det isfrit hele vinteren.

I 1874—75 frøs Mjøsen helt til 12te januar.

I oktober og november det aar var temperaturen i det hele forholdsvis jevnt aftagende; men i december var der store temperaturvekslinger.

Den 4de december var det $\div 23.4^{\circ}$. Den 5te steg termometeret til $+ 2.4^{\circ}$, men faldt allerede den følgende dag igjen til $\div 11.6^{\circ}$, hvorpaa der fulgte en 14 dages kuldeperiode, hvori temperaturen var under $\div 7^{\circ}$. Lige under jul steg termometeret til $\div 1^{\circ}$, men faldt atter efter et par dages forløb, hvorpaa en ny kuldeperiode varede en 14 dages tid til 5te januar. I denne tid stod termometeret omkring $\div 10^{\circ}$. 9de januar steg temperaturen til $\div 1.4^{\circ}$, men sank 2—3 dage efter atter ned til under $\div 10^{\circ}$ og en ny kuldeperiode indtraadte. Under denne frøs hele sjøen til.

Der havde under den daværende kuldeperiode før lagt sig is i nordenden den 26de november og til Ringsaker den 12te december, og under

den næste lagdes isen den 27de december sydover til Gjøvik og den 31te december mellem Toten—Næs—Hamar.

Hvis man sammenligner temperaturens gang i de to sidstnævnte aar og sammenholder denne med islægningstidspunktet for den nordligste del af sjøen, kan der heraf udledes nogle ganske interessante resultater.

Vi ser, at oktober var gennemgaaende noget varmere i 1874 end i 1873.

Middeltemperaturen for november var ens for begge aar; men medens begyndelsen af maaneden var mildere i 1874, var der i slutten af maaneden det aar en kuldeperiode med temperatur gennemgaaende under $\div 5^{\circ}$, og under denne lagde isen sig i nordenden af sjøen.

I 1873 gik temperaturen i december op til flere varmegrader, og dette giver forklaring paa, at den nordligste del af sjøen det aar ikke frøs til før midten af denne maaned. Det sees selvfølgelig, at en kuldeperiode har en overmaade stor indflydelse paa, hvor raskt afkjølingen skrider frem i en sjø. Det maa visselig antages, at sjøen lige til over midten af november var sterkere afkølet i 1873, end den var i 1874; men i løbet af nogle dage med forholdsvis sterk kulde gik afkjølingen i 1874 saa hurtig for sig, at islægning kunde finde sted allerede 26de november, medens der, uagtet temperaturen fremdeles en tid holdt sig under 0° , ikke lagdes is før paa et sildigere tidspunkt i 1873.

I 1875—76 ser vi, at temperaturen i den sidste del af oktober og i begyndelsen af november gik betydelig ned. Derefter fulgte en uges tid med varmegrader, hvorpaa der indtraadte en lang periode med jevn temperatur. Termometeret viste omkring $\div 7^{\circ}$ i løbet af en maanedes tid, hvorefter det sank ned til $\div 10^{\circ}$. Kulden vedvarede, indtil der omkring midten af december indtraf en mildveirsperiode.

I begyndelsen af januar sank atter termometeret under $\div 10^{\circ}$ og holdt sig der en 12 dages tid. Under den lange kuldeperiode i november og december var afkjølingen saa langt fremskreden, at isen allerede den 17de december lagdes sydover til henimod Gjøvik; men mellem Hamar og Næs frøs ikke sjøen til før under den næste kuldeperiode i januar.

Hele sjøen islagdes 14de januar; men vi ser, at den gik op igjen under en indtrædende mildveirsperiode og lagde sig paanyt nogle dage, efterat kulden atter var indtraadt.

I 1876—77 ser vi, at det var gennemgaaende koldt i november; men i særdeleshed var der megen kulde i hele december. Vi ser, at der under den første kuldeperiode i november lagdes is i nordenden.

Mellem Hamar og Næs frøs sjøen til i de sidste dage af december, da temperaturen kom ned til $\div 29.5^{\circ}$.

Hele sjøen var islagt i de første dage af januar.

I denne vinter frøs den til paa et af de tidligst iagttagne tidspunkter, og vi ser, at forklaringen ligger i den vedvarende, jevne og sterke afkøling, som maatte foregaa gennem hele december.

I 1877—78 var der en mild høst og vinter. November var gennemsnitlig mildere end oktober, og nogen længere kuldeperiode var der ikke i løbet af hele vinteren.

Sjøen var søndenfor Hamar aaben hele vinteren, og mellem Hamar—Næs—Gjøvik laa der kun is et par gange, nogle dage ad gangen.

I 1878—79 var temperaturen i oktober noget høiere end normalt. I november var den lidt lavere end normalt. Der var 3—4 kolde dage i begyndelsen af denne maaned; men med undtagelse af disse var der ikke synderlig kulde før i sidste halvdel af maaneden, da temperaturen gik ned under $\div 10^{\circ}$.

Sjøen frøs til i nordenden under denne kuldeperiode.

Den 3die december gik temperaturen op over 0° ; men senere var der i løbet af december en lang periode, hvori temperaturen var omkring og noget under $\div 5^{\circ}$, indtil den 21de december, da den sank ned til $\div 22^{\circ}$. Efter den 21de var der nogle kolde dage; men ved udgangen af maaneden steg termometeret over nulpunktet. Under denne kuldeperiode skred afkølingen saa langt frem, at islægning kunde foregaa sydovertil Ringsaker den 16de og til Gjøvik den 23de december. Det milde veir vedvarede fremdeles nogle dage i begyndelsen af januar 1879, og herunder stansede afkølingen, saa videre isdannelse ikke kunde finde sted førend noget over midten af maaneden, da der indtraadte en ny kuldeperiode.

I 1879—80 var saavel oktober som november noget koldere end normalt. Der lagdes ogsaa denne vinter is paa nordenden af sjøen under en frostperiode i slutten af november.

I begyndelsen af december var der en kuldeperiode, hvori temperaturen gik ned under $\div 20^{\circ}$. Under denne islagdes Mjøsen den 9de december næsten helt syd til Ringsaker. Midt i maaneden blev temperaturen høiere end 0° , og i resten af maaneden og lige til midten af januar var veiret ustadigt og temperaturen meget vekslende.

Omkring midten af januar var der en kuldeperiode, hvori temperaturen holdt sig jevnt lavere end $\div 10^{\circ}$, og under denne lagdes isen saa

langt syd som til Hamar—Næs; men den blev ikke liggende mange dage, idet der sidst i maaneden indtraadte mildveir, og først under næste kuldeperiode, noget efter midten af februar, lagdes isen paanyt.

Hvis vi betragter de maanedlige gennemsnitstemperaturer i 1879—80, vil vi se, at oktober, november og december gennemsnitlig var koldere end normalt, medens januars temperatur var meget nær normal. Vi skulde, efter hvad vi før har paapekt, kunne have ventet, at islægning det aar havde fundet sted omkring slutten af januar eller i begyndelsen af februar; men ved at betragte den grafiske fremstilling af de daglige temperaturer finder vi forklaringen paa, at saa ikke kunde ske.

Der har visselig i dette aar foregaaet en jevn og betydelig afkjøling helt til omkring midten af december, hvilket vi kan se deraf, at sjøen til den tid var islagt næsten saa langt syd som til Ringsaker. Men under det vekslende veir i slutten af december og begyndelsen af januar maa afkjølingen have aftaget i betydelig grad; først den 13de januar var den saa langt fremskreden, at der kunde lægges is syd til Heggenhaugen. Under kuldeperioden omkring midten af maaneden maa afkjølingen aabenbart atter have gaaet raskt for sig. Allerede 22de januar var den nemlig saa langt fremskreden, at islægningen kunde foregaa mellem Hamar—Næs—Gjøvik, og hvis kulden havde vedvaret en kort tid, vilde formodentlig sjøen i dette aar ligesom i 1878—79 have været helt tilfrossen nogle dage senere. Det veiromslag, som indtraf i slutten af maaneden, var aarsag i, at saa ikke kunde ske.

Vinteren 1880—81 er den, hvori islægningen fandt tidligst sted i de iagttagne 36 aar.

Vi har før omtalt, at de maanedlige middeltemperaturer for høst-maanederne og forvinteren netop i det samme aar ligger lavest under det normale. Vi ser af den grafiske fremstilling, at der allerede i slutten af oktober indtraadte en kuldeperiode, hvori temperaturen gik lavere ned end til $\div 10^{\circ}$. Temperaturen var vistnok adskillig vekslende i november og december; men der var i disse maaneder kun faa dage, hvori den laa over 0° ; allerede i november holdt den sig i løbet af flere dage helt nede under $\div 15^{\circ}$, og i december var der lige mange dage med lavere temperatur end $\div 10^{\circ}$, som der var dage med højere.

Det kan saaledes let forklares, at afkjølingen denne høst og vinter maatte gaa saa hurtig for sig, at sjøen kunde fryse til allerede den 24de december.

I 1881—82 var der nogen kulde i slutten af oktober og i begyndelsen af november, men termometeret gik allerede før midten af no-

vember op over nulpunktet, og i resten af maaneden var der saa stort overskud af varme, at maanedens gennemsnitstemperatur blev høiere end normalt. Senere paa vinteren var der kun faa dage, hvor der var nogen nævneværdig kulde.

Islægningen i nordenden fandt det aar ikke sted før omkring midten af december, og sjøen var hele vinteren aaben søndenfor Biri.

I 1882—83 ser vi af planche 7, at der i hele oktober og i den første uge af november var mildt veir.

Den 12te november sank temperaturen ned til $\div 8^{\circ}$, og senere i denne maaned og i den første del af december var der en periode med jevnt koldt veir. Den 12te december steg temperaturen, saa der blev varmegrader, og senere i maaneden var der et mere vekslende veir.

Temperaturen sank den 17de ned til $\div 16^{\circ}$, og dagen efter lagdes der is sydover til Ringsaker, og et par dage efter var sjøen tilfrossen syd til Gjøvik. I julen gik temperaturen op igjen, saa der var varmegrader nogle dage; men i de sidste dage af maaneden sank den atter betydelig og gik i de første dage af januar ned under $\div 20^{\circ}$. Der lagdes is mellem Hamar og Næs omkring den 3die januar, og den 9de var afkjølingen saa langt fremskreden over hele sjøen, at den frøs helt til.

Saa vel om høsten som om vinteren 1883—84 var der et meget vekslende veir.

I begyndelsen af oktober var der kuldegrader, men den 9de gik termometeret op til $+ 13^{\circ}$, hvorpaa det atter sank under nulpunktet. Senere steg og faldt det flere gange i løbet af maaneden. Gjennemsnitlig var temperaturen meget nær normal.

November var gennemgaaende mild; kun to gange holdt termometeret sig under nulpunktet flere dage i træk. I den første uge af december var der nogen kulde, og først da islagdes sjøen det aar i nordenden.

Omkring 10de december var der nogle dage mildt veir, og termometeret steg over nulpunktet, men senere var det koldt i løbet af hele december og helt til den 21de januar.

Termometeret gik betydelig ned den 4de og 5te januar, og da var afkjølingen saa langt fremskreden, at der kunde lægges is helt sydover til Hamar.

Den 20de januar var der iskrav over hele sjøen, og det var at formode, at den vilde være bleven helt tilfrossen om et par dage, hvis kulden havde vedvaret.

Temperaturen gik imidlertid den 21de op, saa der blev varmegrader, og nogle nordlige stormbyger forårsagede, at store partier af den faste is løsnede.

Den 24de gik temperaturen atter ned under $\div 20^{\circ}$, og store partier af sjøen islagdes paanyt. Men under en orkanagtig storm den 27de januar løsnede atter isen, og der indtraadte nu et mildveir, som varede til over midten af februar.

Den 16de februar gik temperaturen ned til $\div 12^{\circ}$, og to dage efter var der igjen iskrav over hele sjøen.

Den 19de lagdes der fast is sydover til Hamar, og den 21de februar var hele sjøen tilfrossen.

I 1884—85 var ogsaa temperaturen temmelig vekslende. Omkring midten af oktober var den en tid forholdsvis lav, men ellers var den denne maaned saa høi, at middeltemperaturen kom over det normale.

I begyndelsen af november var temperaturen høi, men i hele den sidste del af maaneden var det koldt, og termometeret gik helt ned til $\div 20^{\circ}$. Sjøen frøs i nordenden til under denne kuldeperiode.

I december var de første par dage meget kolde, men senere gik temperaturen i det hele og store taget op indtil den 21de, da termometeret viste 0° . Den 22de sank den ned til $\div 18^{\circ}$, og da skred afkjølingen saa langt frem, at sjøen den 23de blev islagt sydover til Ringsaker.

Kulden varede ved nogle dage, og den 26de var der iskrav sydover til Gjøvik. Men ved udgangen af maaneden blev der veiromslag, og i de første dage af januar var der mildt veir. Dette vedvarede med undtagelse af et par kolde dage til den 11te januar, da temperaturen gik betydelig ned. Nogle dage efter lagdes isen paanyt sydover til Gjøvik, og allerede den 20de januar var hele sjøen tilfrossen.

Afkjølingen, som skred fremad, indtil der begyndte at dannes is ved Gjøvik den 26de december, blev, ser vi, tydeligvis afbrudt under det i slutten af december indtraadte mildveir, og vi maa vistnok antage, at der fandt en opvarmning af overfladevandet sted; thi, som det sees, frøs ikke sjøen paanyt til ved Gjøvik i løbet af de kolde dage i begyndelsen af januar; men islægningen kunde først indtræde under den kuldeperiode, som indtraf i midten af maaneden.

Udover hele høsten og vinteren 1885—86 var der ogsaa et meget vekslende veir. I slutten af oktober sank termometeret ned under $\div 15^{\circ}$, men gik i begyndelsen af november betydelig op over nulpunktet.

Omkring midten af maaneden var der nogle dage kuldegrader, og i disse lagdes der is i nordenden af sjøen. Senere steg temperaturen den 18de november til $+ 4^{\circ}$, men gik i slutten af maaneden ned under $\div 20^{\circ}$. Ved udgangen af maaneden gik temperaturen op igjen over nulpunktet.

December havde ogsaa meget vekslende veir. Temperaturen gik i den første halvdel af maaneden op og ned anden hver dag og steg den 13de til $+ 3^{\circ}$; efter midten af maaneden var der nogle koldere dage, hvori isen lagdes sydover til Ringsaker; men den 24de indtraf der en sterk storm, som drev den største del af isen væk. Den 28de viste termometeret $+ 7^{\circ}$, og da fandtes der kun is i den nordligste del af sjøen.

I begyndelsen af januar sank temperaturen ned til under $\div 20^{\circ}$, og da dannedes der atter iskrav over den største del af sjøen, men den 8de januar gik temperaturen op over nulpunktet, og isen gik bort igjen.

Derpaa fulgte nogle dage med kulde, ned til $\div 12^{\circ}$, og i disse lagdes der atter nogen is paa flere steder af sjøen.

Omkring midten af januar indtraf der en periode med mildt veir, som vedvarede til de sidste dage af maaneden, da det blev noget koldere.

Den 1ste februar gik termometeret op til nulpunktet igjen, men sank den 4de ned til $\div 20^{\circ}$, og det var derefter koldt nogle dage. Sjøen frøs i løbet af disse kuledage til sydover til Gjøvik, og ved Hamar lagdes der is over en stor del af sjøen.

Den 9de februar indtraf der et veiromslag med sterk vind og varme-grader; isen brødes da op, saa den kun laa fast sydover til Kongsrud.

I den sidste del af februar indtraf der en længere periode, hvori der var mere jevnt, koldt veir.

Temperaturen sank indtil den 26de jevnt ned til $\div 25^{\circ}$, og da kulden vedvarede i begyndelsen af mars, frøs hele sjøen til den 3die mars, hvilket er det seneste tidspunkt, hvorpaa islægning af sjøen er foregaaet i alle de 36 iagttagne aar.

I 1886—87 var oktobers middeltemperatur nær det normale. Vi ser, at temperaturen sank betydelig ned i den første uge af maaneden; men omkring midten af maaneden var den en tid forholdsvis høi, og senere gik den atter ned igjen.

November var i det hele meget mild. Der var kun enkelte dage, som havde en temperatur under 0° .

I december havde derimod temperaturen en meget ujevn gang. Gjennemsnitlig var den for lav. I den første halvdel var der fra dag

til dag meget vekslende temperatur, men den holdt sig gennemsnitlig højere end normalt helt til den 15de, da den gik ned til $\div 19^{\circ}$, og i den sidste del af maaneden var der en periode med streng kulde. Under denne kuldeperiode frøs sjøen til sydover til Ringsaker den 20de december og videre til Heggenhaugen—Gjøvik den 30te. Kulden varede ved nogle dage i begyndelsen af januar, og da lagdes der is den 4de i Næssundet, men den 7de gik temperaturen op til flere varmegrader, og isen løsnede paa flere steder.

Senere var der temmelig vekslende temperatur i løbet af resten af januar og februar; gennemsnitlig laa den betydelig over det normale.

Den 7de februar gik den ned til $\div 15^{\circ}$, og der var nogen kulde i løbet af flere dage efter hinanden.

Der lagdes da is paa flere steder af sjøen, men paa de fleste steder gik den væk igjen, da veiret slog om omkring midten af maaneden. Senere i maaneden var der mest mildt veir, og der lagdes ikke mere is paa sjøen den vinter.

I 1887—88 var det forholdsvis koldt i midten af oktober, men saavel i begyndelsen som i slutningen af maaneden var der mildt veir.

Begyndelsen af november var ogsaa mild, men omkring midten af denne maaned sank termometeret og stod nogle dage under $\div 10^{\circ}$.

Under denne kuldeperiode begyndte islægningen i nordenden af sjøen; men isen løsnede igjen, da temperaturen den 19de steg over 0° . Et par dage senere sank temperaturen atter ned til $\div 10^{\circ}$, og da lagdes der paanyt is i nordenden.

I den første del af december var temperaturen vekslende; nogle dage var det koldt, og da fortsatte islægningen nordenfra, men saa indtraf der mildveir, og isen løsnede igjen.

Den 19de december indtraadte en længere periode med kolde dage, og termometeret gik i slutten af maaneden ned under $\div 20^{\circ}$. Isen lagdes den 22de sydover til Ringsaker, og ved udgangen af maaneden var der iskrav sydover til Toten.

I begyndelsen af januar blev der veiromslag, og nu paafulgte en mildveirperiode til omkring midten af maaneden. Isen løsnede under denne paa flere steder.

Den 16de gik temperaturen ned igjen under $\div 10^{\circ}$, og den 18de lagdes isen paanyt til Gjøvik, og den 23de lagdes den til Hamar.

I den første halvdel af februar var der en meget vekslende temperatur, som den 10de gik op til $+ 5^{\circ}$, men i den sidste del af maaneden laa temperaturen saa meget under det normale, at gennemsnitstempera-

turen af februar blev betydelig for lav. Den 17de var den koldeste dag med temperatur under $\div 22^{\circ}$, og den 18de var der sterk is over hele sjøen.

I 1888—89 (se planche 8) var der i løbet af saavel høsten som forvinteren i det hele taget en forholdsvis jevn temperatur. I oktober var der kun et par dage, hvori den kom betydelig under det normale; men gjennemsnitlig var alligevel middeltemperaturen noget for lav.

I den første del af november holdt den sig nogle grader under nulpunktet, og allerede den 9de lagdes is i nordenden; men i den anden halvdel af maaneden var der gennemgaaende mildt veir, og da gik det meste af isen bort igjen. Ved udgangen af november sank temperaturen ned til $\div 10^{\circ}$, hvorefter den i de første dage af december igjen gik op til flere grader over nulpunktet. Senere var der i december i det hele taget meget høi temperatur, saa maanedens middeltemperatur kom høit over det normale.

I den første del af januar var ogsaa temperaturen gennemgaaende høi. Isen lagdes det aar ikke før i begyndelsen af januar sydover til Ringsaker, og først da der indtraf nogle kolde dage i den sidste del af maaneden, var afkjølingen saa langt fremskreden, at der kunde lægges is ved Hamar. Senere, den 25de januar, gik temperaturen op igjen over nulpunktet, og da løsnede isen over store strækninger.

I begyndelsen af februar blev det derimod koldere, og da kulden vedvarede og den 13de februar gik ned til $\div 20^{\circ}$, blev hele sjøen islagt et par dage efter.

Vi har før gjort opmerksom paa, at islægningstidspunktets forhold til de maanedlige gjennemsnitstemperaturer i 1889—90, synes at vise en afvigelse fra den almindelige regel, idet alle maanedsmidler fra høsten af og udover hele vinteren ligger saa høit over det normale, at vi kunde formode, at der ikke havde lagt sig is over hele sjøen det aar.

Vi ser af den grafiske fremstilling af de daglige temperaturers gang, at der i løbet af oktober var forholdsvis jevnt synkende temperatur, indtil termometeret i slutten af maaneden sank under 0° .

Temperaturen gik imidlertid igjen op over nulpunktet ved udgangen af maaneden, og den holdt sig høi i begyndelsen af november. I midten af denne maaned var der en periode, hvori temperaturen i løbet af ca. 14 dage holdt sig et par grader under nulpunktet. Den 23de gik den imidlertid op til flere varmegrader; i de to sidste dage af maaneden gik den ned igjen under $\div 10^{\circ}$.

Afkjølingen gik den høst saa langsomt for sig, at sjøens nordende først islagdes den 1ste december.

I december var der en meget vekslende temperatur. Termometeret sank 4 gange under $\div 10^{\circ}$, men det gik hver gang op igjen, saa det et par dage efter atter stod nær nulpunktet. Ved udgangen af maaneden var der et par kolde dage, og da lagdes der is sydover til Skulhus.

I begyndelsen af januar blev der mildveir, og den 14de januar løsnede isen, saa der kun fandtes fast is sydover til Biri.

Januar var meget mild, og kun i enkelte dage var temperaturen under $\div 5^{\circ}$. Der lagdes ikke is søndenfor Biri før den 30te, da temperaturen gik ned til $\div 15^{\circ}$.

I begyndelsen af februar var der nogle dage med mildt veir, men den 6te februar sank temperaturen betydelig, og nu indtraadte en periode med streng kulde. Under denne maa afkjølingen have skredet raskt frem, idet der allerede den 10de februar lagdes is sydover til Heggenhaugen og i Næssundet og den 18de februar over resten af sjøen.

At saa kunde ske, maa antageligvis forklares som et resultat af den kuldeperiode, som indtraadte i begyndelsen af februar; hvis ikke denne havde været, vilde vistnok sjøen ikke have islagt sig det aar.

I 1890—91 var der forholdsvis jevn temperatur i oktober, men den laa gjennemsnitlig lidt under det normale.

I november var der i den første halvdel mildt veir med nogle varmegrader; i slutten af maaneden sank temperaturen derimod ned til henimod $\div 20^{\circ}$, og der lagdes da is i nordenden af sjøen.

Temperaturen steg i de første dage af december til flere varmegrader, men gik den 6te atter ned under $\div 10^{\circ}$, og senere var den i løbet af hele maaneden forholdsvis lav, og gik den 30te ned under $\div 20^{\circ}$.

Der lagdes det aar is sydover til Ringsaker den 14de december og til Heggenhaugen den 30te.

Kulden varede ved i begyndelsen af januar, og den største del af sjøen frøs da helt til; men isen blev ikke liggende længe, idet der allerede den 15de januar indtraf mildveir, hvorunder store partier af isen løsnede.

Senere paa vinteren blev der nogle kolde dage i den sidste halvdel af februar, og da lagdes der atter is over den største del af sjøen. Isen løsnede imidlertid efter et par dages forløb, idet der igjen indtraadte mildveir.

I begyndelsen af mars sank termometeret ned til henimod $\div 20^{\circ}$, og da lagdes der is for 3die gang; men den gik da ogsaa snart bort igjen under et mildveir.

I 1891—92 var det meget mildt i oktober. Kun i den sidste halvdel var der nogle faa frostdage.

November var gennemsnitlig normal, og temperaturen i det hele jevn, indtil den i de sidste dage af maaneden sank ned under $\div 10^{\circ}$. Der lagdes da is i nordenden af sjøen.

I december var der i begyndelsen af maaneden temmelig vekslende temperatur; men den 11te indtraadte en periode, hvori temperaturen holdt sig lav.

Under denne skred afkjølingen saa raskt frem, at der den 20de lagdes is sydover til Ringsaker. I slutten af maaneden steg temperaturen over 0° , og mildveiret vedvarede til et par dage ud i januar, hvorefter der indtraadte en kuldeperiode, som varede maaneden ud.

Afkjølingen skred herunder saa raskt frem, at sjøen allerede den 18de januar frøs helt til.

I næste høst og forvinter, i 1892—93, ser vi, at temperaturforholdene i det store og hele taget havde adskillig lighed med dem i 1891—92.

Oktober var gennemsnitlig noget koldere, men november var omtrent lige saa meget varmere. Der var i 1892 nogle kolde dage i den sidste halvdel af oktober, men temperaturen gik op igjen ved udgangen af maaneden og holdt sig høi hele den første halvdel af november.

I den sidste del af denne maaned var der derimod nogle kolde dage; men kulden stod ikke saa længe paa, at der lagdes is i nordenden.

Først efter nogle dages kulde i begyndelsen af december frøs den nordligste del af sjøen til. Den 10de december gik termometeret ned under $\div 20^{\circ}$, og kulden vedvarede nogle dage. Derefter indtraf der mildveir, og termometeret steg den 18de december over nulpunktet, men sank snart efter igjen betydelig, og i resten af maaneden var det koldt.

Isen lagdes den 25de til Biri, og den 30te var der is sydover til Ringsaker.

Kulden vedvarede i begyndelsen af januar, og isdækket udvikledes hurtig. Den 13de laa der allerede is mellem Gjøvik—Næs—Hamar, og da termometeret den 15de januar gik ned til $\div 30^{\circ}$, frøs hele sjøen til.

I 1893—94 var høstmaanedernes middeltemperatur omtrent normal, men hele vinteren udover var meget mild. Temperaturen holdt sig

noksaa jevn i oktober; den gik omkring midten af maaneden noget ned en tid, men laa ellers nogle grader over nulpunktet.

I november var der en mere vekslende temperatur; men denne afveg heller ikke i løbet af denne maaned særdeles betydelig fra normalen.

I begyndelsen af december var der derimod nogle meget kolde dage, hvori termometeret gik ned under $\div 20^{\circ}$, og der lagdes da is paa flere steder. Den 7de december gik termometeret op til flere grader over nulpunktet, og i resten af maaneden var der mildveir med en temperatur af omkring 0° .

I begyndelsen af januar indtraf nogle kolde dage, hvori der lagdes fast is sydover til Ringsaker, og der dannedes iskrav over store dele af sjøen. Men der indtraf mildt veir igjen allerede den 11te januar; termometeret steg da atter over nulpunktet, og isen løsnede paanyt. Senere holdt veiret sig mildt i løbet af hele januar og i den første del af februar.

Omkring midten af den sidstnævnte maaned indtraf der en kuldeperiode, som varede en uges tid. Termometeret gik den 17de februar ned til $\div 20^{\circ}$, og da kulden holdt sig et par dage, lagdes der is sydover til Gjøvik og fra Næs til Hamar. Men et par dage senere blev der atter varmegrader, og isen søndenfor Ringsaker løsnede.

Senere paa vinteren indtraf ingen videre kulde, og der dannedes ikke mere is paa Mjøsen det aar.

I 1894—95 ser vi af planche 9, at det var forholdsvis koldt i midten og ved udgangen af oktober.

I november var det derimod usædvanlig mildt til i den sidste uge, da termometeret sank under nulpunktet og en enkelt dag gik ned til $\div 10^{\circ}$.

December var ogsaa mild, og termometeret holdt sig mest omkring nulpunktet og nogle grader under samme helt til i de sidste dage af maaneden, da det gik ned under $\div 10^{\circ}$.

Vi ser, at afkjølingen, som kun kunde foregaa langsomt i den første del af november, heller ikke skred saa raskt frem i løbet af den sidste uge af maaneden, at der kunde lægges is i nordenden. Først efterat der havde været nogle dage med kulde i begyndelsen af december, frøs denne del af sjøen til, og intet videre istæppe udvikledes i løbet af december det aar.

Isen lagdes ikke sydover til Biri førend den 5te januar. Temperaturen var da steget noget efter de kolde dage i december, men var den 4de januar gaaet ned til $\div 15^{\circ}$. Efter den 5te januar holdt den sig

fremdeles lav nogle dage, og gik den 8de ned til henimod $\div 20^{\circ}$, men den 12te gik den op til $\div 5^{\circ}$, og nu indtraadte en periode, hvori temperaturen holdt sig jevn omkring $\div 5^{\circ}$, indtil den 21de sank ned under $\div 20^{\circ}$.

Afkjølingen var da saa langt fremskreden, at isen lagdes den 22de og 23de sydover til Gjøvik—Hamar—Næs, og da kulden vedvarede, blev hele sjøen islagt den 26de.

I 1895—96 ser vi, at temperaturen sank forholdsvis jevnt i løbet af oktober, og termometeret stod ved udgangen af denne maaned og i de første dage af november paa $\div 15^{\circ}$. Senere gik temperaturen omkring midten af november op til over $+ 5^{\circ}$; men i den sidste uge af maanedens og i de første dage af december var den mere jevn og holdt sig omkring $\div 5^{\circ}$. Der lagdes da is i nordenden af sjøen.

Temperaturen gik den 3die december op over nulpunktet, men sank igjen et par dage efter. Omkring midten af maanedens holdt den sig i løbet af en uges tid nær nulpunktet; men lige under jul gik termometeret ned til henimod $\div 20^{\circ}$, og da lagde der sig is over den største del af sjøen nordenfor Heggenhaugen.

Kulden varede december ud, og isen lagdes sydover til Totenlandet den 31te.

Den 2den januar blev det noget mildere; men termometeret holdt sig fremdeles i nærheden af $\div 10^{\circ}$, og isen lagdes den 7de sydover til Hamar. Den 15de januar gik temperaturen ned til $\div 23^{\circ}$, og da dannedes der is og iskrav over hele sjøen. Temperaturen gik imidlertid atter snart op til over 0° , og da løsnede det meste af isen søndenfor Gjøvik.

Senere var vinteren saa mild, at isen ikke lagdes paanyt.

I løbet af høsten og vinteren 1896—97 var luftens temperatur meget vekslende.

I oktober og november ser vi, at den forandrede sig betydelig og vekslede næsten fra dag til dag helt til i sidste uge af november, da den en uges tid holdt sig temmelig uforandret mellem $\div 3^{\circ}$ og $+ 5^{\circ}$. Maanedens middeltemperatur var noget under det normale.

I begyndelsen af december var der nogle kolde dage, hvori termometeret sank under $\div 15^{\circ}$; men den 5te steg det, og da var der atter mildt veir en tid, indtil temperaturen nogle dage før midten af maanedens begyndte at falde. Den 20de var termometeret nede ved $\div 20^{\circ}$, og paa det tidspunkt var afkølingen saa langt fremskreden, at isen lagdes

sydover til henimod Gjøvik. Nogle dage senere, den 26de december, steg atter temperaturen over 0° , og da der samtidig indtraf sterk vind, drev isen ved Gjøvik bort den 28de, men nordenfor Ringsaker laa den fremdeles.

I begyndelsen af januar var det nogle dage koldere end $\div 10^{\circ}$; men termometeret var den 5te steget, og veiret blev da mildt nogle dage. Den 8de januar gik temperaturen ned under $\div 13^{\circ}$, og da lagdes der paanyt is sydover til Heggenhaugen og henimod Gjøvik; senere holdt temperaturen sig forholdsvis jevn en tid, idet der til den 24de dels var nogle grader over og dels nogle grader under $\div 5^{\circ}$, men den dag sank den ned under $\div 18^{\circ}$. Derefter var det koldt i nogle dage, og den 29de lagdes der is mellem Næs og Hamar. Den 31te blev det meget koldt, og den 1ste februar gik termometeret ned til henimod $\div 30^{\circ}$, og da islagdes den rest af sjøen, som havde været aaben, saaat hele Mjøsen blev helt tilfrossen den 2den februar. Allerede 4 dage efter var isen saa sterk, at den overalt kunde befærdes.

I 1897—98 var det en usædvanlig mild vinter.

Høstmaanederne, oktober og novembers middeltemperaturer laa noget under det normale; men i alle de øvrige maaneder var temperaturen betydelig høiere end normalt.

Den var under $\div 10^{\circ}$ i et par dage i begyndelsen af december, i nogle dage i julen, en enkelt dag i januar og i nogle dage i begyndelsen af februar; forøvrigt holdt den sig høit hele tiden i løbet af alle tre maaneder, og det var mange dage, hvori termometeret stod over nulpunktet.

Fast is lagdes ikke det aar søndenfor Biri, og afkjølingen skred saa langsomt frem, at islægningen ved Biri først kunde indtræffe den 7de januar.

Under de par kolde dage, som var i begyndelsen af februar, udbredte der sig den 6te februar et istæppe ved Gjøvik; men da der indtraadte mildveir et par dage efter, løsnede al is søndenfor Biri.

Vinteren 1898—99 var koldere, og da lagdes der is over hele Mjøsen. Oktobers middeltemperatur var meget nær normal. Der var nogle dage med kuldegrader i midten af maaneden; men forøvrigt holdt temperaturen sig over nulpunktet.

Den første del af november var mild; men i den sidste uge sank temperaturen under $\div 10^{\circ}$, saaat middeltemperaturen ogsaa for denne maaned blev meget nær det normale. I de kolde dage i slutten af november lagdes der is paa nordenden af sjøen.

I december var der en mere vekslende temperatur, og i det hele taget laa maanedens middeltemperatur for høit. Nogle dage ved midten af december kom termometeret under $\div 15^{\circ}$, men det gik ellers flere gange op over nulpunktet.

Afkjølingen skred ikke saa langt frem, at der lagdes nævneværdig is i løbet af denne maaned. Ved udgangen af december sank atter termometeret betydelig, og temperaturen holdt sig derpaa lav en 14 dages tid. Under denne kuldeperiode frøs en stor del af Mjøsen til. Isen lagdes den 31te december sydover til Biri, og den 8de januar var sjøen islagt nordenfor Heggenhaugen.

Den 11te januar indtraf mildt veir, som varede i 3 dage; men derefter sank temperaturen igjen raskt og holdt sig lavt til i de sidste dage af maaneden, og afkjølingen, som øiensynlig var afbrudt ved mildveiret, skred atter saa langt frem, at isen kunde lægges mellem Gjøvik og Næs den 23de. Den 24de laa der is mellem Næs og Hamar, og den 27de var hele sjøen tilfrossen; men dagen efter indtraadte mildveir, og da løsnede enkelte mindre partier af isen.

Mildveiret varede imidlertid ikke længere end et par dage, og hele sjøen laa paanyt tilfrossen den 31te januar.

Den 1ste februar blev der staget vei mellem Helgøen og Hamar.

Ved saaledes at have fulgt den daglige temperaturs gang er der kommet tilsyne et endnu noiere forhold mellem lufttemperaturen og islægningstidspunkterne, end det vi saa, da vi betragtede de maanedlige gennemsnitstemperaturer.

Vi har følgelig faaet yderligere bekræftelse paa, at det tidsrum, som medgaar til afkjølingen af en sjø, for en væsentlig del maa bero paa lufttemperaturens gang.

Naar temperaturen har været ensartet i de forskjellige aar, har der paa samme sted i sjøen lagt sig is omkring samme tidspunkt. Naar den derimod har været uensartet, er islægningstidspunkterne indtrufne paa forskjellige data. Særlig gjælder dette for Mjøsens vedkommende de sydlige dele af sjøen. I den nordligste del har afkjølingen gaaet saa raskt for sig, at islægningen i regelen har fundet sted efter første kuldeperiode, og da en saadan i almindelighed er indtraadt i november eller i begyndelsen af december, er forskjellen mellem tidspunkterne ikke saa iøjnefaldende her, som længere syd, hvor afkjølingen har krævet meget længere tid og saaledes været mere afhængig af, hvordan de forskjellige faktorer, som har bevirket samme, har gjort sig gjældende.

I de vintre, hvori lufttemperaturen gjennemgaaende har holdt sig høi, og der kun har været enkelte, kolde dage, har Mjøsen ikke været helt islagt.

Men hvis der udpaa en mild vinter har indtruffet en kuldeperiode, som f. eks. i 1889—90, kan det alligevel hændre, at sjøen islægges, selv om hver maanedes middeltemperatur ligger betydelig over det normale.

Saaledes som allerede engang før berørt, synes temperaturens gang nys før det tidspunkt, hvorpaa islægningen finder sted, at have øvet størst indflydelse.

Enkelte aar, som f. eks. 1894—95, har det hændt, at der har lagt sig is efter en streng kuldeperiode i januar, uagtet hele høsten og forvinteren har været betydelig for mild.

Det omvendte har vi ogsaa seet, som f. eks. i 1887—88. Det aar indtraf islægningen paa et forholdsvis sent tidspunkt, tiltrods for, at temperaturen i løbet af hele høsten havde været betydelig for lav.

Januars temperaturforhold har saaledes havt størst indflydelse paa, naar islægningen har kunnet indtræde. Dette giver anledning til den antagelse, at islægningstidspunktet i særlig grad bestemmes af, hvor raskt den sidste del af afkølingsperioden skrider frem.

Som allerede bemærket, fremgaar det tydelig, at afkølingen maa skride raskt og jevnt frem under perioder med streng og vedvarende kulde. Men det har ogsaa vist sig, at afkølingen maa være bleven afbrudt, efterat temperaturen efter en saadan kuldeperiode atter har steget. Enkelte omstændigheder tyder endog paa, at en opvarmning kan finde sted midtvinters.

I foregaaende kapitel, hvor den almindelige teori for varmens fordeling i en indsjø behandledes, blev der gjort opmærksom paa, at der er iagttaget betydelig forskjel i temperaturen i dybet af indsjøer, som er ifærd med at islægges. I enkelte sjøer har afkølingen naaet ned til et stort dyb; i andre har den ikke naaet langt under overfladen.

Det kan muligens antages, at afkølingen naar ned til et forskjelligt dyb, eftersom den gaar jevnt eller ujevnt for sig.

Under veir med vekslende temperatur, ledsaget af vind, maa der være gode betingelser for, at en temperaturudjevning i de øvre vandlag skal kunne finde sted. Den tilsyneladende opvarmning, som om vinteren finder sted i overfladevandet, maa vistnok for en del skyldes en saadan temperaturudjevning. Det vil ellers være vanskeligt at forstaa, at der midtvinters, naar solen staar meget lavt og kun er fremme en kort tid

af døgnet, virkelig skulde kunne foregaa en merkbar opvarmning af overfladevandet.

Dette vil imidlertid ikke kunne afgjøres med sikkerhed, uden at tilstrækkelige temperaturmaalinge fra sjøens dyb og overflade var forhaanden. De temperaturmaalinge, vi har fra norske indsjøer, er for faa og leilighedsvis hertil.

Uden systematiske temperaturmaalinge kan vi heller ikke komme til en nærmere forstaaelse af, hvorledes det er med forholdet mellem lufttemperaturen og afkjølingen af indsjøerne.

Hvad vi her har været istand til, er at konstatere, at islægnings-tidspunktet for en væsentlig og dominerende del betinges af, hvorledes lufttemperaturen har været under afkjølingsperioden.

B. Skydækket.

En af de processer, hvorved den betydeligste afkøling i en sjø foregaar, er, som det gjentagende er gjort opmærksom paa, udstraalingen. Tidspunktet for islægningen er følgelig afhængigt af, i hvilken grad denne kan faa gjort sig gjældende.

Vi har allerede før omtalt, at lufttemperaturen kan betragtes som en funktion af udstraalingen, idet den for en del vil være afhængig af, hvorvidt denne er sterk eller svag, og forsaavidt er allerede i forrige afsnit godtgjort, at en af de bestemmende faktorer for afkjølingens fremadskriden i en sjø afhænger af graden af udstraalingen.

Men denne er igjen afhængig af andre meteorologiske elementer, og særlig maa det antages, at skydækket har indflydelse paa, hvor sterkt udstraalingen faar gjøre sig gjældende. Afkjølingens fremadskriden og derigjennem islægningstidspunktet maa derfor kunne antages at være direkte afhængige af skydækket.

For at faa rede paa det forhold, der eksisterer mellem skydækket og tidspunktet for islægningen, vil vi tage for os nogle af de samme sjøer, som vi behandlede i forrige afsnit. Først vil vi behandle Mjøsen, hvor vi vil undersøge dette forhold for de sidste 16 aars vedkommende. Nedenfor skrives i en tabel op afvigelserne fra det midlere skydække ved de meteorologiske stationer ved Mjøsen, og aarene ordnes efter tidspunktet for islægningen.

Aar	Mjøsens islægningstidspunkt	Afvigelse fra det midlere skydække i				
		oktober	november	december	januar	februar
		°	°	°	°	°
1890—91	10de jan.	0	+ 1.9	÷ 0.2	—	—
1892—93	15de jan.	+ 0.9	+ 0.7	÷ 1.1	—	—
1895—96	15de jan.	÷ 0.2	+ 0.2	÷ 0.5	—	—
1884—85	20de jan.	÷ 1.8	÷ 2.1	+ 1.4	+ 0.8	—
1891—92	24de jan.	+ 0.2	+ 0.1	+ 1.2	÷ 0.3	—
1894—95	26de jan.	÷ 1.1	+ 0.8	÷ 1.6	÷ 0.5	—
1898—99	27de jan.	÷ 0.4	+ 0.5	÷ 0.4	+ 0.6	—
1896—97	2den febr.	÷ 0.2	+ 0.5	÷ 0.4	+ 1.4	—
1887—88	14de febr.	÷ 1.2	+ 0.2	÷ 0.3	÷ 0.2	—
1888—89	15de febr.	÷ 1.3	÷ 0.9	+ 0.3	÷ 0.1	÷ 1.0
1889—90	18de febr.	+ 2.0	+ 0.2	+ 1.2	+ 0.5	+ 0.1
1883—84	21de febr.	÷ 1.6	+ 0.3	÷ 0.9	÷ 1.1	÷ 1.0
1885—86	3die mars	÷ 0.1	÷ 0.8	÷ 1.0	+ 0.8	+ 0.4
1886—87	aaben	+ 2.0	+ 0.5	÷ 0.3	+ 1.0	÷ 0.5
1893—94	aaben	÷ 0.5	÷ 2.2	÷ 0.1	+ 0.3	÷ 1.8
1897—98	aaben	+ 0.5	÷ 1.0	+ 0.5	÷ 1.0	+ 1.5

Vi skulde vente, at islægningen i de vintre, hvor skydækket var mindst udbredt, vilde være indtraadt paa et tidligere tidspunkt. Men dette fremgaar ikke af tabellen. Vi ser saaledes, at i et aar, som 1893—94, var himmelen hele vinteren udover forholdsvis lidet skydækket, og dog forblev sjøen aaben, medens den i et aar, hvori skydækket var saa udbredt som i 1891—92, islagdes allerede 24de januar.

Der er saaledes ikke kommen tilsyne nogen regel for forholdet mellem midlere skydække og islægningstidspunkt. Dette kan tænkes at have sin grund deri, at variationerne i det midlere skydække for hver maaned er for smaa. Man kunde derfor forsøge, om der opnaaedes et bedre resultat, hvis man, istedenfor at benytte tallene for det midlere skydække, anvendte antallet af klare eller overskyede dage og undersøgte forholdet mellem dette og islægningstidspunktet.

Aar	Mjøsens islægningstidspunkt	Antal klare og overskyede dage i										Sum decbr. og jan.	
		oktober		november		december		januar		februar		klart	overskyet
		klart	overskyet	klart	overskyet	klart	overskyet	klart	overskyet	klart	overskyet		
1890—91	10de jan.	5	17	1	22	8	16	6	12	—	—	14	28
1892—93	15de jan.	2	18	4	16	6	10	3	13	—	—	9	23
1895—96	15de jan.	7	14	5	16	6	13	6	7	—	—	12	20
1884—85	20de jan.	8	6	11	7	3	22	3	18	—	—	6	40
1891—92	24de jan.	5	13	7	17	2	16	4	13	—	—	6	29
1894—95	26de jan.	4	5	4	17	7	6	4	12	—	—	11	18
1898—99	27de jan.	4	12	4	14	3	15	2	15	—	—	5	30
1896—97	2den febr.	5	12	3	18	2	21	3	20	—	—	5	41
1888—89	15de febr.	—	—	—	—	—	—	0	17	—	—	—	—
1889—90	18de febr.	0	22	4	14	2	19	3	16	7	10	5	35
1883—84	21de febr.	8	9	3	14	2	7	4	9	10	8	6	16
1885—86	3die mars	2	11	7	10	3	11	2	19	4	9	5	30
1886—87	aaben	1	25	2	11	3	14	0	23	2	8	3	37
1893—94	aaben	6	15	10	5	5	16	5	16	11	2	10	32
1897—98	aaben	3	15	9	13	2	16	5	8	2	14	7	24

Som man ser, fremgaar der heller ikke af denne tabel nogen tydelig regel; men muligens kan dog en saadan spores, idet det høieste antal dage med klar himmel fortrinsvis tilhører de aar, hvori islægningen indtraf tidligst.

Saaledes var der i 1890—91 i december og januar 14 dage med klar himmel, i 1892—93 og 1895—96 var der i de samme maaneder henholdsvis 9 og 12 saadanne dage. I 1884—85 var der derimod kun 6 klare dage i december og januar, men rigtignok havde november det samme aar 11 saadanne.

De aar, hvori der fandt en sen islægning sted, var der, som vi ser, gjennemgaaende faa dage med klart veir. Saaledes var der i 1886—87 i december og januar tilsammen kun 3 klare dage, og de øvrige maaneder havde ogsaa kun faa saadanne.

Men vi ser ogsaa, at der er mange undtagelser fra regelen. Saaledes var der i december og januar 1893—94 10 dage med klar himmel, ligesom ogsaa de øvrige maaneder det aar havde mange klare dage, saaledes f. eks. februar, der havde 11 saadanne, og dog var sjøen det aar aaben.

I 1891—92 indtraf islægningen allerede den 24de januar, og i det aar var der kun 6 dage med klar himmel i december og januar, men rigtignok 7 saadanne i november.

I 1897—98 var der 9 klare dage i november, 2 i december og 5 i januar. Det aar frøs sjøen ikke til; men i 1896—97 foregik islægningen 2den februar, skjønt dette aar havde færre dage med klart veir.

Ser vi nu paa antallet af overskyede dage, saa bemerkes, at der var forholdsvis faa saadanne i nogle af de vintre, hvori islægningen foregik paa en tidlig datum. I december og januar tilsammen var der saaledes i aarene 1892—93 og 1895—96 henholdsvis 23 og 20 overskyede dage.

I 1884—85, da ogsaa sjøen frøs til paa et tidligt tidspunkt, var imidlertid antallet af overskyede dage = 40, men november havde det aar kun 7.

I 1891—92 var der 29 overskyede dage i december og januar, og som vi ser, var der det aar ogsaa 17 saadanne dage i november. I 1894—95 var der 18 overskyede dage i de 2 maaneder, men islægningstidspunktet indtraadte da senere end i 1891—92.

Over 30 overskyede dage var der i december og januar 1884—85, 1898—99, 1896—97, 1889—90, 1885—86, 1886—87 og 1893—94. Af disse aar var der i 1884—85 og 1893—94 usædvanlig faa overskyede dage i november. Som vi ser, var der meget sen islægning i 1889—90 og 1885—86, og sjøen var aaben i 1886—87 og 1893—94.

I det store og hele taget synes det følgelig, som om vi i den sidste tabel kan spore den regel, at islægningen har fundet sted noget tidligere i de aar, hvori skydækket har været lidet udbredt; men der er saa mange undtagelser, at regelen ikke med bestemthed kan hævdes. Heraf maa sluttes, at skydækket i og for sig ikke har spillet saa fremtrædende rolle under afkølingens gang i Mjøsen, at det i særlig grad har været bestemmende for islægningstidspunktet.

Før er godtgjort, at lufttemperaturen har haft en dominerende indflydelse paa tidspunktet for islægningen, og i sammenligning med denne, ser vi, at skydækkets beskaffenhed kun maa have været af rent underordnet betydning for afkølingsprocessens forløb.

Vi vil senere søge at give en forklaring herpaa, men først skal undersøges, om skydækkets beskaffenhed har haft større indflydelse paa islægningstidspunktet ved en anden sjø.

Vi vælger Slidrefjorden, hvor gode meteorologiske iagttagelser er anstillede lige i nærheden. For denne sjøs vedkommende er der opstillet en lignende tabel som for Mjøsen.

Aar	Islægningstids- punktet paa Slidrefjorden.	Skydække		Antal klare og over- skyede dage i				Sum for oktober og november		Antal dage, som hverken er betegnede som klare eller overskyede i okt. og nov.
		oktober	november	oktober		november		klart	overskyet	
				klart	overskyet	klart	overskyet			
1888	12te novbr.	5.6	—	6	11	—	—	—	—	—
1887	15de novbr.	4.7	6.9	8	8	3	15	11	23	28
1896	20de novbr.	—	6.4	—	—	5	13	—	—	—
1885	20de novbr.	6.7	6.3	4	13	6	11	10	24	28
1891	21de novbr.	7.5	7.6	1	13	4	18	5	31	26
1895	21de novbr.	6.9	6.3	5	15	4	12	9	27	26
1884	23de novbr.	6.0	5.5	2	10	7	9	9	19	33
1898	24de novbr.	7.5	6.7	0	17	1	15	1	32	28
1892	25de novbr.	7.4	7.8	3	19	1	18	4	37	20
1893	26de novbr.	6.2	5.6	2	10	3	8	5	18	37
1890	27de novbr.	6.2	9.0	6	12	1	25	7	37	17
1889	30te novbr.	8.6	5.6	0	23	5	9	5	32	26
1897	1ste decbr.	5.7	5.9	5	10	8	12	13	22	27
1886	3die decbr.	7.6	7.5	2	19	1	18	3	37	27
1883	5te decbr.	6.2	8.1	3	10	1	17	4	27	30
1894	8de decbr.	5.5	7.8	8	9	1	19	9	28	25
Gjennemsn.	24de novbr.	6.3	6.7	4	12	4	13	8	25	28

Vi ser af denne tabel, at det er endnu vanskeligere ved Slidrefjorden, end det var ved Mjøsen, at opstille nogen fast regel om en tidligere islægning i aar, hvori skydækket har haft ringere udbredelse. Vistnok har veiret været forholdsvis klart i oktober 1888 og i denne maaned samt i november aarene 1887 og 1885, da den tidligste islægning foregik, medens det var betydelig mere overskyet i de samme maaneder i 1890, 1889, 1886 og 1883, da der fandt en sen islægning sted. Men paa den anden side sees ogsaa, at der i 1898 var meget faa klare dage i disse maaneder, og alligevel foregik islægningen det aar paa normalt tidspunkt. Og endvidere ser man, at i intet af aarene var der flere klare dage i oktober og november end i 1897, og dog indtraf islægningen det aar sent.

Før er paapekt, at islægningen paa Slidrefjorden i de forskellige aar er indtraadt paa et tidspunkt, som staar i et nøie forhold til lufttem-

peraturen, og vi ser, at skydækket i sammenligning med denne ikke har været af nogen væsentlig betydning. Bedst kommer dette tilsyne, om vi betragter nogle aar, hvori lufttemperaturen var ensartet. I 1898, 1892, 1893 og 1890 laa den saavel i oktober som i november meget nær normalen, og der var meget liden forskjel i hver af disse maaneders middeltemperatur. Men skydækket var, som det fremgaar af tabellen, temmelig forskjelligt. I 1898 og 1892 var det meget udbredt i begge maaneder, i 1890 var det usædvanlig meget overskyet i november; men i 1893 var der i begge maaneder mere klart veir end sædvanligt, og alligevel ser vi, at islægningen i alle 4 aar foregik paa omtrent samme datum, meget nær den, vi har beregnet som den normale.

Det ser imidlertid alligevel ud, som om skydækket i nogen grad har gjort sig gjældende under afkølingsprocessen.

Det vil erindres, at vi før har pegt paa nogle aar, hvori vi efter de gennemsnitlige maanedstemperaturers afvigelse fra det normale skulde have ventet, at islægningen paa Slidrefjorden var indtraadt paa en noget anden datum. I 1889 var der saaledes et saa stort overskud af varme i høstmaanederne, særlig i november, at vi skulde have ventet, at der ikke havde fundet islægning sted før noget senere. Af den foregaaende tabel sees imidlertid, at skydækket i november 1889 var betydelig mindre udbredt, end det pleier at være i denne maaned, og dette maa kunne give forklaring paa den forholdsvis tidlige islægning.

I 1884, da oktober var betydelig for varm, medens november var omtrent normal, fandt islægningen sted et par dage før normalt; vi ser, at himmelen i november 1884 var mindre overskyet, end hvad den gennemsnitlig pleier at være, og heri ligger muligens forklaringen til dette aars noget tidlige islægning.

Vi kan saaledes ogsaa ved Slidrefjorden merke, at skydækket har nogen indflydelse paa islægningstidspunktet. Fornemmelig viser det sig her som paaskyndende islægningen nogle dage i et par aar, hvori vi efter lufttemperaturens tilstand skulde have ventet samme nogle dage senere.

For med sikkerhed nærmere at kunne afgjøre, i hvilken grad skydækkets beskaffenhed har øvet indflydelse paa afkølingens gang, vilde det være nødvendigt at have systematiske temperaturmaalinger fra indsjørerne og sammenligne disse med iagttagelser over skydækket. Da imidlertid saadanne ikke foreligger fra vore indsjøer, maa vi her nøie os med at pointere, at skydækkets beskaffenhed kun kan spille en underordnet rolle under afkølingsprocessen.

Vi vil for at forklare dette se lidt nærmere paa, hvorledes det i sin almindelighed er med forholdet mellem skydækkets forandring og afgivelsen og tilførslen af varme i en sjø.

Hidindtil er antaget, at der foregaar en sterkere afkøling under klart veir, end naar det er overskyet. Dette er imidlertid ikke ganske nøiagtigt; thi ihvorvel udstraalingen er sterkere i klare nætter, maa det ogsaa erindres, at i klare dage gjør insolationen sig sterkere gjældende. I høstmaanederne, oktober og november, kan det indtræffe, at insolationen endnu er saa betydelig, at der i løbet af en klar dag kan ske en opvarmning, der er saa stor, at den delvis eller endog helt ophæver den afkøling, som om natten er foregaaet ved udstraaling. Senere paa vinteren, i december og januar, staar solen saa lavt, at insolationen ikke kan gjøre sig gjældende i nogen betydelig grad, og det maa derfor antages, at afkølingen ved udstraaling i de dage, der i disse maaneder er observerede som »klare«, har været betydelig sterkere end opvarmningen ved insolation.

Naar solen ud i februar atter er naaet saa høit over horisonten, at insolationen kan gjøre sig sterkere gjældende, vil den modsatte virkning af udstraaling og insolation igjen kunne neutralisere hinanden under klarveirsperioder.

Vi vil dernæst se lidt paa, hvorledes det er med udstraaling og insolation i overskyet veir.

Man kunde vente, at udstraalingen kun vilde gjøre sig ganske svagt gjældende under et udbredt skydække, men som *Richter*¹ har godtgjort ved sine talrige temperaturmaalinger fra Millstättersee, har endog udstraalingen i løbet af korte, regnfulde sommernætter, hvori himlen har været fuldstændig skydækket, været ret betydelig. Vi tør saaledes ikke gaa ud fra andet, end at der i de lange vinternætter, som findes i vore egne, kan foregaa en ret betragtelig udstraaling, selv om himmelen er overskyet.

Insolationen vil derimod saa sent paa aaret, som naar afkølingsprocessen i indsjørne foregaar, neppe være merkbar i overskyet veir.

Vi ser saaledes, at der paa den ene side kan tænkes, at der under afkølingstiden om høsten er klarveirsperioder, hvorefter temperaturen i sjørne ikke bliver synderlig forandret. Paa den anden side kan vi neppe tænke os, at der efter overskyede dage har fundet andet end afkøling sted.

¹ Seestudien, p. 35.

Hvorvidt dette i virkeligheden pleier at være tilfældet, vil ikke kunne afgjøres uden ved temperaturmaalinger; men som vi har seet, er det rimeligt, at skydækkets beskaffenhed helt eller delvis udjevner modsætningen mellem udstraalingens og insolationens virkninger saaledes, at resultatet af et sterkt eller lidet udbredt skydække bliver af forholdsvis underordnet betydning for afkjølingsprocessens gang om høsten.

Anderledes er det imidlertid længere ud paa vinteren, naar insolationen ikke mere kan gjøre sig saa sterkt gjældende. Skydækket maa da kunne spille en forholdsvis større rolle under afkjølingsprocessens gang.

Det kommer følgerig delvis an paa aarstiden, hvorvidt skydækket vil have en større eller mindre indflydelse paa den tid, som medgaar til afkjølingen. For islægningstidspunktet ved sjøer, som fryser tidlig til — i oktober og november — kan man saaledes forstaa, at det ikke kan have andet end en underordnet betydning, hvorvidt der har været klart eller overskyet veir under afkjølingsperioden; men noget anderledes maa det kunne antages at være ved de sjøer, som fryser til senere paa vinteren.

Det var, som det vil erindres, vanskeligere at finde noget bestemt forhold mellem iagttagelserne af skydækket og islægningstidspunktet ved Slidrefjorden, end det var ved Mjøsen. Forklaringen herpaa ligger sandsynligvis deri, at Slidrefjorden normalt lægger sig 25de november, medens Mjøsens normale islægningstidspunkt ikke falder før i februar.

Men selv i vintermaanederne kan neppe skydækket i almindelighed øve nogen betydelig indflydelse paa afkjølingens gang. Vi maa nemlig erindre, at det i regelen kun vil være en ringe grad af foranderlighed, som dets beskaffenhed er underkastet. Betragter vi variationen i skydækket for vintermaanederne december og januar ved Hamar, saa sees af tabellen (s. 176), at den i alle aarene fra 1883—99 har været mellem grænserne $\div 1.6$ og $+ 1.4 = 3$ grader, hvilket ikke kan ansees som nogen betydelig variation.

Maanedens gennemsnitlige skydække bestemmes væsentlig af antallet af de klare og overskyede dage. Det midlere antal af saadanne dage er ved Hamar if. *Mohn*¹ i de samme maaneder tilsammen 9 klare og 29 overskyede; i resten, 24 dage, har saaledes himlen været delvis skydækket.

Som vi ser, udgjør de overskyede dage den største del, derefter kommer de delvis overskyede, og kun faa dage har været klare.

¹ H. Mohn; Klimatabeller for Norge V—XII, Kristiania 1899.

Ved at betragte tabellen side 177 sees, at der i de forskjellige aar ikke har været stor forskjel i antallet af klare og overskyede dage i december og januar tilsammen. Kun en gang har der været saa lidet som 3 klare dage, ellers har antallet varieret mellem 5 og 14. Antallet af overskyede dage har i samme maaneder varieret noget mere, nemlig mellem 16 og 41. Men i samtlige aar har vi følgelig havt et stort antal dage, som hverken har været overskyet eller klare.

Det gaar neppe an at ræsonnere saaledes, at udstraalingen i sin almindelighed ubetinget er foregaaet sterkest i de klare dage, at den har gaaet jevnt for sig i dage med midlere skydække, og at den kun har gjort sig svagt gjældende i dage med overskyet veir. Men selv om vi forte et saa ekstremt ræsonnement, maatte vi alligevel komme til den slutning, at der ikke kunde have været saa stor forandring i udstraalingen i de 16 aar; thi hvert aar har havt et stort antal dage med delvis overskyet himmel, hvori udstraalingen har været nogenlunde jevn; kun i enkelte aar blev udstraalingen paaskyndet ved et par flere klarveirsdage, end det gennemsnitlig pleiede at være, og i nogle andre aar blev den hæmmet ved enkelte flere overskyede dage, end sædvanligt var.

Naar vi tager hensyn til dette, finder vi det rimeligt, at skydækket ikke har kunnet have saa stor indflydelse paa afkølingens gang.

Naar imidlertid afkølingen er saa langt fremskreden, at islægningen er forhaanden, saa kan skylagets beskaffenhed øve ganske stor indflydelse paa, naar istæppet kan udbredes.

I sidste kapitel skal nærmere omtales, hvorledes istæppet udvikles, saa vi gaar foreløbig ikke nærmere ind herpaa. Det vil imidlertid forstaaes, at det er af betydning for islægningen, at denne sker samtidig over en tilstrækkelig stor flade. I modsat fald vil isen kunne gaa op igjen, idet vinden f. eks. kan faa adgang til at blande de øverste vandlag sammen og saaledes bevirke, at den dannede is atter smelter.

I en sjø, der i sin afkøling er naaet saa langt som til islægning, vil det følgelig komme an paa veir og vind, om sjøoverfladen er skikkaet til at islægges. Dersom omstændighederne da er saadanne, at afkølingen gaar rask for sig, kan store partier af sjøen islægges paa en gang. En saadan anledning bydes f. eks., hvis der er klart veir en stille vinternat, og dersom vi undersøger, hvorledes skydækket har været netop paa de tider, naar Mjøsen er frosset til, vil vi se, at det i regelen har været under klart veir, islægningen er foregaaet.

Følgende er noteret fra Hamar meteorologiske stations morgenobservationer:

1890. Februar 9de skydække: 5
 — 10de — 10
 — 11te — 0 lagdes is til Hamar.
 — 12te — 0
1891. Januar 6te skydække: 10
 — 7de — 10
 — 8de — 10
 — 9de — 0 frøs hele sjøen til.
 — 10de — 0
1892. Januar 17de skydække: 10
 — 18de — 10
 — 19de — 10
 — 20de — 0 lagdes is til Hamar.
 — 21de — 10
 — 22de — 10
 — 23de — 10
 — 24de — 10 islagdes resten af sjøen.
1893. Januar 5te skydække: 10
 — 6te — 10
 — 7de — 10
 — 8de — 10
 — 9de — 6
 — 10de — 1 lagdes is til Hamar.
 — 11te — 10
 — 12te — 10
 — 13de — 10
 — 14de — 1 islagdes resten af sjøen.
1894. Februar 22de skydække: 0 islagdes den sydl. del af sjøen.
1895. Januar 19de skydække: 10
 — 20de — 10
 — 21de — 8
 — 22de — 0 lagdes is syd til Gjøvik.
 — 23de — 4
 — 24de — 8
 — 25de — 0 islagdes resten af sjøen.

1896. Januar 6te skydække: 2
 — 7de — 10 lagdes is til Hamar.
 — 8de — 1
 — 15de — 0 islagdes resten af sjøen.

1897. Januar 30te skydække: 10
 — 31te — 1
 Februar 1ste — 0
 — 2den — 0 frøs sjøen helt til.

1898. Januar 6te skydække: 10
 — 7de — 3
 — 8de — 2 lagdes is til Gjøvik.

1899. Januar 20de skydække: 8
 — 21de — 10
 — 22de — 1
 — 23de — 10
 — 24de — 0 frøs sjøen helt til.

C. Nedbøren.

Det er allerede før gjort opmærksom paa, at smeltning af sne er en proces, hvorved varme afgives fra en sjø. Det er ogsaa klart, at optagelse af slud og kold regn, som har en lavere temperatur end overfladevandet, maa bevirke afkøling. Nedbøren har saaledes indflydelse paa, hvor hurtig afkølingsprocessen i en indsjø kan gaa for sig, og da tidspunktet for islægningen afhænger af, hvor raskt afkølingen skrider frem, saa er følgende islægningstidspunktet ogsaa afhængigt af denne faktor.

For at se, i hvilken grad nedbøren øver indflydelse paa islægnings-tidspunktet, vil vi undersøge, hvorledes forholdet ved en bestemt sjø er mellem nedbøren i løbet af afkølingsperioden og islægningstidspunktet i de forskellige aar.

Vi vælger atter Mjøsen og skriver i en tabel op nedbøren ved Hamar. Det bemærkes, at den største del af nedbøren faldt i november som regn, men i de øvrige maaneder som slud og sne.

Aar	Islægningstids- punkt	Nedbør.			
		November mm.	December mm.	Januar mm.	Februar mm.
1890—91	1ode jan.	80.7	5.8	—	—
1892—93	15de »	51.5	19.3	68.1	—
1884—85	20de »	10.6	47.5	14.5	—
1891—92	24de »	27.7	35.4	24.2	—
1894—95	26de »	77.9	63.8	28.2	—
1898—99	27de »	18.7	40	60	—
1896—97	2den febr.	19	36	16.8	—
1887—88	14de »	44.1	91.8	36.4	24.8
1888—89	15de »	19.5	72.9	19.9	32.8
1889—90	18de »	37.6	18.9	29.7	2.3
1883—84	21de »	39.7	4.9	24.1	8.9
1885—86	3die mars	11.7	9.5	19	13
1886—87	Ikke islagt	35	63.2	75	12.8
1893—94	do.	25.4	69.7	49.9	23
1897—98	do.	31.3	56.8	15.3	13.9
Normalt	1ode febr.	41	32	30	21

Det kan af ovenstaaende tabel sees, at nedbøren kun kan have en ringe indflydelse paa afkjølingens gang. Hvis vi vil lægge merke til, hvorledes nedbøren har været i december og januar, saa vil det straks falde i øinene, hvor usædvanlig liden den var i december i det aar, sjøen frøs tidligst til; i det derefter følgende aar, hvori sjøen frøs til nogle dage senere, var der derimod en betydelig større nedbør.

Bedst kommer nedbørens ringe indflydelse paa afkjølingens gang tilsyne, naar vi betragter aarene 1898—99 og 1896—97. I begge disse aar var, som det vil erindres, gennemsnitstemperaturen fra høsten af og ud januar temmelig ens, men januar var lidt koldere i 1898—99, saaledes, at isen da lagdes nogle dage før. Men, som vi ser af tabellen, var der stor forskjel i nedbøren i de to aar. I 1898—99 var den i begge maaneder, særlig i januar, betydelig over det normale, men i 1896—97 var den i januar betydelig under det normale.

Ser man paa, hvorledes det var med nedbøren i de aar, sjøen frøs til omkring midten af februar, saa sees, at den i de aar var meget for-

skjellig; i 1887—88 og 1888—89 var der megen nedbør, men i 1889—90 og 1883—84 var der ringe nedbør.

I de aar, Mjøsen var aaben hele vinteren, var der ialfald i 1886—87 og 1893—94 usædvanlig megen nedbør i vintermaanederne. Dette viser ogsaa paa en tydelig maade, at smeltning af sne ikke kan spille synderlig stor rolle for sjøens afkølingsproces; thi hvis saa var tilfældet, burde sjøen i de aar være bleven tilfrossen.

Vi vil søge bestyrket, hvad vi her har seet gjældende for Mjøsens vedkommende ved ogsaa at iagttage forholdet mellem nedbør og islægning ved Slidrefjorden. Vi noterer nedbøren ved Granheim for oktober og november, idet vi bemærker, at den væsentligste nedbør er faldt som regn i oktober, men som sne i november.

Aar	Islægningsdatum	Nedbør ved Slidrefjorden.	
		Oktober	November
		mm.	mm.
1888	12te novbr.	20,6	28,6
1887	15de »	11,7	43,8
1896	20de »	—	16,0
1885	20de »	84,6	36,7
1891	21de »	140,6	41,7
1895	21de »	60,9	51,1
1884	23de »	34,5	14,3
1898	24de »	32,0	28,0
1892	25de »	72,8	62,2
1893	26de »	47,8	26,4
1890	27de »	65,1	63,1
1889	30te »	69,9	31,2
1897	1ste decbr.	18,2	27,2
1886	3die »	29,7	53,5
1883	5te »	55,1	41,6
1894	8de »	11,8	54,0
Normalt	24de novbr.	56,5	44,5

Ogsaa af denne tabel fremgaar det, at nedbøren (vi tænker da særlig paa den, der faldt som sne i november), ikke har havt videre indflydelse paa islægningstidspunktet.

Ser vi f. eks. paa aarene 1884, 1898, 1892, 1893 og 1890, hvor middeltemperaturen for oktober og november, som før nævnt, var meget ens, saa vil vi se, at der har været meget stor forskjel i nedbøren i disse aar; men desuagtet fandt islægningen sted omtrent paa samme datum.

Vi vil finde det rimeligt, at nedbøren spiller en liden rolle under afkjølingsprocessen, naar vi ser hen paa dens forhold til de øvrige meteorologiske elementer.

I almindelighed vil der om vinteren ikke falde nogen videre nedbør, naar det er meget koldt, og man kunde forsaavidt sige, at der sammen med nedbør hører en høiere lufttemperatur.

Hvad nedbørens forhold til skydækket angaar, da udbredes dette under nedbør.

Vi kan saaledes forstaa, at den afkjøling, som maa gaa for sig ved optagelse af koldt regn og ved smeltning af den modtagne sne, for en del reguleres ved de forandringer, som under nedbør indtræder i de øvrige meteorologiske elementer.

Naar der i den sidste del af afkjølingsperioden, lige før sjøen skal til at islægges, indtræffer et betydeligt snefald, vil dette, som før paapekt, kunne bevirke, at indsjøen islægges samtidig over større strækninger.

Som vi saa i forrige afsnit under behandlingen af skydækket, kan en saadan rask afkjøling, der kan bevirke en samtidig, sterk isdannelse over større dele af sjøen, være bestemmende for selve dagen for islægningen.

Det tilfælde, at en saadan beleilig afkjøling foraarsages ved smeltning af større mængder sne, der er faldt ned i sjøen, kjendes fra flere af vore indsjøer, og i de oplysninger, man har om islægningen, nævnes ikke sjelden, at »sjøen sneede igjen« da eller da.

Vi skal nævne et par eksempler herpaa fra Mjøsen.

I den nordlige del af sjøen var det den 12te december 1887 ganske isfrit. Den 13de og 14de sneede det meget sterkt, og den 14de var der »snestappe«, saa det var næsten ufremkommeligt. Den 15de havde der lagt sig fast is sydover til henimod Biri.

Den 18de januar 1894 laa der is fra Lillehammer sydover til Borgen. Den 19de og 20de var der sterkt snefald, og den 20de—21de lagde der sig is henimod Gjøvik; isen løsnede dog igjen nogle dage senere.

Fra Storsjøen i Rendalen meddeles ogsaa uden nærmere angivelse af datum, at sjøen et aar sneede fuldstændig igjen.

Dersom vi vil resumere det, som er iagttaget om nedbørens indflydelse, saa har vi seet, at den i almindelighed spiller en meget underordnet rolle ved afkølingsprocessen; men vi har tillige seet, at det undertiden kan hænde, at et sterkt snefald i den sidste del af afkølingsperioden kan paaskynde selve tidspunktet for islægningen.

D. Vinden.

Vindretningen kan neppe antages at have nogen direkte indflydelse paa afkølingens gang i sjøerne og folgelig ikke paa islægningstidspunktet. Men indirekte kan den, derved, at de øvrige meteorologiske elementer og tildels strømforholdene forandres under en forskjellig vindretning, øve indflydelse paa afkølingens fremadskriden. Vindretningen influerer paa lufttemperaturen, skydækket, nedbøren o. s. v.; men da der allerede før er undersøgt, hvordan hvert enkelt af disse elementer har øvet indflydelse paa islægningstidspunktet, og da det ikke er dette arbeides hensigt at udrede forholdet mellem de forskjellige meteorologiske elementer, forbigaaes denne indirekte indflydelse af vinden.

Vindstyrken maa derimod tænkes at have en mere direkte indflydelse paa afkølingens gang, og det paa forskjellige maader. Den maa saaledes have indflydelse derigjennem, at der under vind af forskjellig styrke danner sig større eller mindre bølger, som i forskjellig grad virker hindrende for udstraalingen. *Richter*¹ har leveret flere gode iagttagelser over denne virksomhed af vinden, og han omtaler samme som den hovedsageligste indflydelse, denne øver paa en sjøs temperaturforhold.

En anden virkning af vinden er, at den blander de øverste lag af sjøen sammen. Vi har under kapitlet om temperaturens fordeling paapekt, at afkølingen kan gaa betydelig under $+ 4^{\circ}$ til et betragteligt dyb, forinden sjøen islægges. *Forel*² har, som før nævnt, antaget, at dette tildels maa bero derpaa, at de øvre lag udblandes af vinden. *Ule*³

¹ Seestudien, pag. 36.

² Températures lacustres.

³ Temperaturverhältnisse der baltischen Seen, S. 114. Verhandl. des X deutsch. Geographentages.

har ogsaa paavist, at vinden har havt en ganske stor indflydelse paa sjøernes temperaturforholde ned til et ikke ringe dyb. Naar de øverste lag blandes med nedenforværende, bliver selvfølgelig herved overfladevandet noget opvarmet, og dette bevirker, at afkjølingen udstrækkes over et længere tidsrum.

En virkning af vinden, som ogsaa kan have betydning under afkjølingsprocessen, er de strømsætninger, som kan dannes. Hvorvidt saadanne kan opstaa, er imidlertid ogsaa i høi grad beroende paa mere lokale forhold, som sjøens form og størrelse. Vi vil derfor ikke omtale samme nærmere paa dette sted, men vente dermed til et senere afsnit.

I det hele taget skulde det saaledes antages, at der vil medgaa længere tid til afkjølingen i de aar, hvori vinden gjør sig sterkt gjældende. Islægningstidspunktet skulde følgelig i de aar falde paa en noget senere datum.

Den eneste maade, hvorpaa vinden skulde kunne virke direkte opvarmende, er ved dens mekaniske virkning, men denne er saa ubetydelig, at den neppe er merkbar.

At vinden øver nogen indflydelse paa, naar islægningstidspunktet kan indtræde, synes at fremgaa af flere af de iagttagelser, som er indsamlede angaaende islægningsforholdene paa vore sjøer.

I en meddelelse fra Aardal skrives der saaledes, at det har beroet paa vindforholdene, hvorvidt Aardalsvatnet er frosset til eller ikke i de forskjellige aar. I meddelelsen er ikke omtalt noget specielt tilfælde, som skulde kunne vise dette, men det er kun sagt i sin almindelighed. Da man savner sikre data over islægningen paa Aardalsvatnet, kan man imidlertid ikke nærmere undersøge forholdet.

En lignende meddelelse er ogsaa modtagen fra Siredalsvatnet, hvor det skal være iagttaget, at vandet under lignende temperaturforhold islægger sig noget senere i de aar, hvori der er megen vind.

Vi vil, naar vi skal undersøge, i hvilken grad vinden har øvet indflydelse paa afkjølingens forløb, atter holde os til Mjøsen. Men da det ser ud til, at der ved Hamar har været en uensartet bedømmelse af vindstyrken i de første aar, hvori der er foretaget meteorologiske observationer, og af vindstyrken i de sidste aar, foretrækker vi at betragte observationerne ved Eidsvold. For sammenligningens skyld hidsættes ogsaa den gjennemsnitlige maanedlige vindstyrke for Kristiania. Aarene er som i foregaaende tabeller ordnede efter datoen for islægningen.

Aar	Mjøsen islagt. Datum.		Vindstyrke i				
			oktbr.	novbr.	decbr.	januar	febr.
1880—81	24de december	{ Kristiania . . .	0.5	0.8	0.9 ¹	—	—
		{ Eidsvold . . .	1.1	1.2	1.1	—	—
1882—83	9de januar	{ Kristiania . . .	0.8	0.9	0.9	—	—
		{ Eidsvold . . .	1.1	1.3	1.4	—	—
1890—91	10de januar	{ Kristiania . . .	0.7	0.7	0.4	—	—
		{ Eidsvold . . .	0.8	0.7	0.8	—	—
1892—93	15de januar	{ Kristiania . . .	0.8	0.7 ¹	0.6 ¹	0.9	—
		{ Eidsvold . . .	1.1	0.8	0.9	0.9	—
1884—85	20de januar	{ Kristiania . . .	0.9	0.7	0.7	0.8	—
		{ Eidsvold . . .	1.4	1.2	1.1	1.4	—
1891—92	24de januar	{ Kristiania . . .	0.9	0.6 ¹	0.6	0.6	—
		{ Eidsvold . . .	0.9	0.9	1.0	0.9	—
1894—95	26de januar	{ Kristiania . . .	0.6	0.6	0.6	0.7	—
		{ Eidsvold . . .	0.7	0.6	0.6	1.2 ¹	—
1898—99	27de januar	{ Kristiania . . .	0.8	0.9	0.7	0.9	—
		{ Eidsvold . . .	1.5	1.8	1.9	1.9	—
1896—97	2den februar	{ Kristiania . . .	0.9 ¹	0.5	0.9	0.8	—
		{ Eidsvold . . .	1.7	1.4	1.9 ³	1.8	—
1887—88	14de februar	{ Kristiania . . .	1.0	0.7	1.0	0.5	0.8 ¹
		{ Eidsvold . . .	1.4	1.2	1.3	1.1	1.2
1888—89	15de februar	{ Kristiania . . .	0.8	1.0	0.6	0.8 ¹	0.9
		{ Eidsvold . . .	1.2	1.1	1.2 ³	1.1	1.4
1889—90	18de februar	{ Kristiania . . .	1.0	0.6	0.9	0.5	0.5
		{ Eidsvold . . .	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
1883—84	21de februar	{ Kristiania . . .	0.8	0.7	0.5	0.8 ¹	0.8
		{ Eidsvold . . .	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2
1885—86	3die mars	{ Kristiania . . .	0.8	0.6	0.6 ¹	1.2	0.9
		{ Eidsvold . . .	1.4	1.2	1.1	1.2	1.4
1886—87	Ikke islagt	{ Kristiania . . .	0.9	0.8	0.8 ¹	1.0	0.8
		{ Eidsvold . . .	1.1	1.2	1.4	1.2 ¹	1.2
1893—94	do.	{ Kristiania . . .	0.8	0.6 ¹	0.9	0.8	0.8
		{ Eidsvold . . .	0.8	0.6 ¹	0.7	1.0	0.9
1881—82	do.	{ Kristiania . . .	0.9	0.8	0.7	0.5	1.1 ¹
		{ Eidsvold . . .	1.3	1.1	1.1	1.2	1.7
1897—98	do.	{ Kristiania . . .	0.5	0.7	0.9	0.7 ³	0.9
		{ Eidsvold . . .	1.5	1.8	1.9	1.7	1.8
Normalt	10de februar	{ Kristiania . . .	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		{ Eidsvold . . .	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

¹ De i hjørnerne staaende mindre cifre betegner antallet af iagttagne storme.

Som vi ser af tabellen, har der aar om andet kun været en saa ubetydelig variation i vindstyrken, at det ikke er rimeligt, at der af samme skal kunne fremgaa, at vinden har øvet nogen større indflydelse paa afkjølingens gang. Vistnok ser vi, at der gennemgaaende har været stærkest vind i nogle af de aar, hvori sjøen holdt sig aaben hele vinteren. Saaledes var der i vintermaanederne 1897—98 og 1881—82 forholdsvis sterk vind. I flere aar, hvori sjøen islagdes tidlig, som 1890—91, 1891—92 og 1894—95, var der derimod en mindre vindstyrke; men vi ser ogsaa, at sjøen lagde sig forholdsvis tidlig i de aar, hvori der gennemgaaende var forholdsvis sterk vind, som f. eks. i 1898—99 og 1896—97.

Dersom vi nærmere vil se paa, i hvor stor grad vinden har havt indflydelse paa islægningstidspunktet, kan vi vælge nogle aar med forholdsvis ens lufttemperatur og for disse undersøge vindstyrkens forhold til islægningstidspunktet.

I 1891—92, 1894—95, 1898—99 og 1896—97 var, som det vil erindres, middeltemperaturen i december og januar temmelig ens. December var i alle 4 aar et par grader for varm, men januar var for kold: I 1894—95 = $\div 3.9^{\circ}$, i 1894—95 $\div 3.7^{\circ}$, i 1898—99 $\div 1.4^{\circ}$ og i 1896—97 $\div 0.7^{\circ}$.

Vindstyrken var i de 4 aar betydelig forskjellig. I de to førstnævnte aar var den gennemgaaende under det normale, derimod i de to sidste aar adskillig større end normalt; men tiltrods herfor ser vi, at Mjøsen lagde sig i 1898—99 omtrent paa samme tidspunkt som i 1891—92 og 1894—95, og islægningen i 1896—97 indtraf kun nogle dage senere.

Vi ser, at det er lufttemperaturen, som har bestemt islægningstidspunktet, vinden kan kun have spillet en meget underordnet rolle.

Vi vil ogsaa for Slidrefjordens vedkommende betragte forholdet mellem vindstyrken og islægningstidspunktet i løbet af nogle aar med ens lufttemperaturforholde.

Vi erindrer fra før, at der i oktober og november i aarene 1884, 1898, 1892, 1893 og 1890 ved Granheim var en middeltemperatur, som var meget lig normaltemperaturen. Vindstyrken i de samme maaneder er opskrevne i tabellen paa næste side:

Aar	Slidrefjordens islægningstidspunkt.	Vindstyrke i:	
		oktober	november
1884	23de novbr.	1.1	0.4
1898	24de »	0.4	0.5
1892	25de »	0.3	0.5
1893	26de »	0.7	0.7
1890	27de »	0.9	0.5

Som vi ser, var vindstyrken temmelig forskjellig de forskjellige aar, men ikke desto mindre lagde sjøen sig i alle 5 aar omkring det normale islægningstidspunkt. Vinden kan i disse aar saaledes ikke antages at have øvet synderlig indflydelse paa afkølingens gang.

Vi vil dernæst betragte et par af de grafiske tabeller, som fremstiller den daglige lufttemperaturs gang ved Mjøsen, for at se, hvorvidt vi efter lufttemperaturforholdene kunde have ventet et noget andet islægningstidspunkt i et aar med usædvanlig stor og i et aar med usædvanlig liden vindstyrke. Vi vælger aarene 1896—97 og 1891—92.

Vi ser, at sjøen i 1897 frøs helt til 2den februar, efterat der nys var indtraadt en kuldeperiode; men vi kunde neppe have ventet, at sjøen havde frosset til før det aar, hvori januars middeltemperatur laa saa nær normalen.

I 1892 var der megen kulde i den første halvdel af januar, og middeltemperaturen laa betydelig under det normale. At sjøen frøs før til det aar, synes saaledes at være, som vi efter lufttemperatures gang kunde have ventet.

Følgelig synes det at have været af en meget underordnet betydning for afkølingens fremadskriden i de to aar, at vindstyrken gennemgaaende var betydelig større i 1896—97 end i 1891—92.

Muligens vilde vindens indflydelse under afkølingsprocessen være kommen bedre tilsyne, om vi havde kunnet sammenligne islægningstidspunkterne ved en sjø nær kysten med dem ved en sjø inde i landet; men som allerede før berørt, vilde det være praktisk ugjorligt at finde saadanne sjøer, hvor de lokale aarsager, dyb, størrelse, nedslagsdistrikt, strømme osv., som ogsaa betinger afkølingens gang, er saa ens, at det lod sig gjøre at drage sikre sammenligninger.

Vi kan efter det foregaaende forstaa, at ogsaa vinden i det hele taget kun kan spille en underordnet rolle under afkølingens gang.

Men for selve tidspunktet, paa hvilket islægning kan foregaa, maa vi derimod antage, at det kan være af betydning, hvordan vinden er.

Hvis en sjø er afkjølet saa sterkt, at islægningen er umiddelbart forhaanden, maa der, som vi før har gjort opmærksom paa, være et dertil gunstigt veir, om istæppet skal kunne udvikles over en stor del af sjøen. Er der sterk vind, vil de dannede isnaale ikke faa anledning til at fryse sammen, og selv om saadanne er dannede over en stor del af sjøen, kan vinden, derved at den blander de øverste og koldeste lag med de nedenfor værende varmere, bidrage til, at overfladevandet opvarmes, saa at isnaalene smelter. En større indsjø fryser derfor i regelen ikke til under sterk vind. Men derimod hænder det ofte, at isen lægger sig umiddelbart efter, at det igjen er blevet stille efter sterk vind.

En egen slags isdannelse under vind har *Forel*¹ beskrevet. Der dannes runde iskager, men disse pleier ikke at fryse sammen, men svømmer om i overfladen. Forel kalder iskagerne »glaçons gâteaux«, og deres form og dannelse er af ham nærmere studeret og beskrevet. Fænomenet er ogsaa iagttaget ved en af vore sjøer, og vi skal derfor nærmere omtale samme i et senere afsnit.

Vi har nu seet, hvorledes de meteorologiske elementer, som kan tænkes at øve en direkte indflydelse paa afkjølingens gang i en indsjø, har betinget et tidligere eller sildigere islægningstidspunkt.

De øvrige meteorologiske elementer, som: lufttrykket, luftens fugtighedstilstand, dens elektricitet o. s. v., kan ikke antages at øve nogen direkte indflydelse paa afkjølingens gang, men kun en indirekte derigjennem, at de betinger lufttemperaturen, skydækket, nedbøren og vinden.

Sammendrages de resultater, som ovenfor er udledede, saa kommer vi til følgende teori for veirligets indflydelse paa afkjølingen af en sjø:

Det element af veirliget, som øver den største og absolut dominerende indflydelse paa afkjølingens gang, er lufttemperaturen. Skydækket, nedbøren og vinden har i det hele taget kun en underordnet indflydelse paa, hvorledes afkjølingen skrider frem. Som følge heraf er det tidspunkt, da afkjølingen er saa langt fremskreden, at islægningen staar forhaanden, væsentlig bestemt af lufttemperaturens gang under afkjølingsprocessen og da særlig af lufttemperaturen i den sidste del af samme.

¹ Congélation des lacs suisses et savoyardes 1891, pag. 51. — Le Léman, B. II, pag. 382 flg.

Skydækkets beskaffenhed, nedbøren og vinden er ikke af nogen væsentlig betydning for, naar denne fase af afkølingsprocessen kan indtræde; men med hensyn til bestemmelsen af selve tidspunktet, hvori istæppet kan udvikles, spiller dog disse meteorologiske elementer en rolle, idet istæppets udvikling i regelen maa ske under gunstige omstændigheder for isens vekst, saa at denne ikke faar løsne igjen med det samme.

Det kunde være fristende at gjøre, ligesom Hildebrandsson m. fl. har gjort for Sveriges vedkommende, nemlig at optegne kurver gennem de steder, hvor islægningen pleier at foregaa samtidig, og saa at sammenligne disse kurver med vort lands vinterisotermier. Men som vi allerede har seet, og som vi nærmere vil studere i næste afsnit, øver de lokale forhold, dyb, størrelse, nedslagsdistrikt, strøm m. m. saa stor indflydelse paa afkølingsprocessens gang, at saadanne kurver kom til at faa et meget underligt forløb. Medens f. eks. nordenden af Mjøsen kom til at ligge paa samme kurve som de steder, hvor islægningen indtraf i november, saa kom den bredeste del af sjøen til at ligge paa kurven for iode februar. Videre kom Ekern til at ligge paa kurven for en meget sen islægningsdatum, men Fiskumvatnet lige ved blev beliggende paa en saadan for en tidlig datum. Storsjøen i Rendalen kom til at ligge paa februar kurven; men Lomnessjøen kom til at ligge paa den kurve, som gik gennem steder med islægning først i november o. s. v.

Det lader sig heller ikke gjøre at borteliminere de lokale aarsagers indflydelse eller at inddele landet i et vist antal distrikter, som Hildebrandsson har gjort for Sveriges vedkommende, og udregne en gennemsnitlig datum for distriktet.

Her i vort land er nemlig i regelen de lokale forhold saa forskellige, selv ved nærliggende sjøer, ja endog ved samme sjø, at et saadant gennemsnitstal neppe vilde have nogen berettigelse, idet det kun undtagelsesvis vilde være et udtryk for, hvad der i virkeligheden var tilfældet.

Vi vil istedet paa en anden maade anskueliggjøre forholdet mellem den normale vintertemperatur og isforholdene ved vore sjøer.

Dette gjør vi ved paa planche 10 grafisk at fremstille normaltemperaturen i løbet af vinterhalvaaret for ca. 30 steder, beliggende i forskellige egne af vort land. Kurvernes ordinat angiver temperaturen; 2 mm.'s ordinat svarer til 1°. Det tidsrum, hvori en nærliggende indsjø normalt pleier at være tilfrossen, er paa kurverne indtegnet med blaa farve. Paa hver kurve findes paaskrevet, til hvilken meteorologisk station den

refererer sig, og med blaa skrift er antydet, hvilken indsjøs islægning er afsat.

Ved de punkterede linjer er i samme maalestok grafisk fremstillet temperaturen i 1898—99, og paa disse kurver er med brun farve angivet den tid, sjøerne var islagte det aar.

Vi faar af disse kurver en forklaring paa, at nogle af vore sjøer fryser tidlig til og andre senere; thi, som det vil sees, er det en gennemgaaende regel, at islægningen i det store og hele taget indtræder paa et tidligere tidspunkt der, hvor kulden indtræder tidlig om høsten, og der, hvor temperaturen pleier at gaa betydelig ned under nulpunktet.

Paa Østlandet ser vi, at det gennemgaaende er tidlig islægning; men i den sydligste del af landet, hvor den normale vintertemperatur ligger høit, er islægningen sen. Et vand som Lundevatn f. eks. islægges i regelen ikke; men saa sees det ogsaa, at den normale vintertemperatur i den egn af landet ikke gaar ned til 0° for nogen af vintermaanederne.

Paa Vestlandet har indsjøerne ved kysten, hvor temperaturen er høj, i almindelighed en meget sen islægning. Vi træffer her flere indsjøer, som kun sjelden islægges. At et vand, saa nordligt beliggende som Salsvatn i Fosnæs, ikke pleier at fryse til, kan muligens vække forundring; men som vi ser, er det kun en meget kort tid af vinteren, at der i de egne normalt pleier at være dage med kuldegrader.

Inde i fjordene, hvor der er en strengere vinterkulde, foregaar derimod islægningen i regelen før.

I den nordligste del af landet indtræffer islægningen i det hele taget tidlig; men som vi ser, kommer det ogsaa der an paa, hvordan det er med lufttemperaturen over vedkommende sjø.

Lufttemperaturen samt de øvrige meteorologiske elementer, som er af en mere underordnet betydning for afkjølingens fremadskriden, er væsentlig afhængig af den geografiske beliggenhed og af høiden over havet, og forsaavidt er afkjølingens gang og det deraf flydende islægningstidspunkt indirekte afhængig af samme.

Nogen direkte indflydelse paa islægningstidspunktet kan disse omstændigheder derimod ikke antages at have.

Dersom vi paa planche 10 iagttager det meget forskellige islægningstidspunkt for sjøer, hvor lufttemperaturen og de øvrige meteorologiske elementer er ensartede, saa forstaaes, at de lokale forskjelligheder maa have en stor indflydelse paa afkjølingens gang.

Vi ser f. eks., at sjøer som Mjøsen, Storsjøen i Odalen, Randsfjorden, Hurdalssjøen m. fl. pleier at fryse til paa et helt forskjelligt tidspunkt, uagtet de befinner sig under meget ensartede klimatologiske betingelser.

Vi vil i næste afsnit se nærmere paa, hvorledes de lokale aarsager over indflydelse paa afkjølingens gang og islægningstidspunktet; men forinden vi gaar over til dette, vil vi ganske kort berøre en anden omstændighed, som muligens kan antages at have indflydelse paa islægningstidspunktet i de forskjellige aar.

Som allerede før nævnt, har *Forel* iagttaget fleraarige, periodiske forandringer i Genfersjøens temperaturforhold. Der findes ingen undersøgelse over, hvorvidt disse staar i forbindelse med de klimavekslinger, som *Brückner*¹ *Sieger*² m. fl.³ har antaget eksisterende; men man skulde formode, at saa kunde være tilfældet.

I en indsjø, hvor temperaturen i det hele taget forandrer sig meget langsomt, og hvor den daglige variation og de lokale perturbationer i temperaturen ikke paa langt nær viser sig i saa fremtrædende grad som i atmosfæren, skulde man just vente, at disse klimavekslinger vilde komme tilsyne, dersom de overhovedet eksisterede.

Men dersom saadanne periodiske temperaturforandringer er tilstede i indsjøerne, maa vi ogsaa kunne antage, at der hersker en vis periodicitet i islægningstidspunktet.

Det er ikke lykkedes at paavise nogen saadan ved de norske indsjøer; men aarsagen hertil kan være den, at der endnu foreligger for faa aars iagttagelser.

II. De lokale forholds indflydelse paa islægningstidspunktet.

A. Sjøens dyb.

I kapitel 4, hvor temperaturforholdene behandledes, saa vi, at den tid, som medgik til sjøens afkjøling, i væsentlig grad maatte være afhængig af sjøens dyb. Under den afkjøling, som finder sted, medens lagstillingen

¹ *E. Brückner*: Klimaschwankungen, Wien 1890.

² *Robert Sieger*: Seenschwankungen und Strandverschiebungen in Skandinavien, Berlin 1893.

³ *O. Appelberg*: Vattenståndsvariationer i mellersta Sveriges vattendrag. Förhandl. v. 15de skand. naturf. mötet i Stockholm 1898.

er den termisk direkte (d: det varmeste vand øverst og det koldere vand nedenfor), vil nemlig temperaturen i hele sjøen, saaledes som det vil erindres, lidt efter lidt udjevnes ved de opstaaede vertikalstrømme, som vil vedvare, indtil lagstillingen forandres.

Efterat den indirekte lagstilling er indtraadt, vil udjvningsprocessen være tilendebragt. Den fortsatte afkjøling vil væsentlig gjøre sig gjældende i de øvre lag, medens det varmere vand vil forblive i de nedenfor værende.

Er dybet stort, udfordres der følgelig lang tid, forat hele vandmassen skal antage ens temperatur; men er sjøen grund, saa er det øiensynligt, at udjvningsprocessen maa kunne gaa raskere for sig.

Af de periodiske temperaturforandringer, som finder sted i en sjø, er der, som det vil erindres, saavel en aarlig som en daglig. Videre vil det ogsaa erindres, at der er paavist en periodisk temperaturforandring, som udstrækker sig over flere aar.

Vi kan her inddele indsjøerne i typer efter det dyb, til hvilket hver af disse periodiske forandringer gjør sig gjældende.

Vi faar da:

1. *Grunde sjøer*, hvor det midlere dyb ikke er større, end at det er nær grænsen for den daglige temperaturforandring.

2. *Sjøer af middels dybde*, hvor dybet er større, end at den daglige temperaturforandring kan gjøre sig gjældende helt ned, men hvor det ikke er større, end at den aarlige temperaturforandring kan faa gjøre sig gjældende igjennem hele sjøen helt til de nederste lag.

3. *Dybe sjøer*, hvor det midlere dyb er saa stort, at det er nær grænsen for den aarlige temperaturforandring.

4. *Meget dybe sjøer*, hvor der findes et forholdsvis dybt schicht, hvor den aarlige temperaturforandring ikke kan gjøre sig gjældende.

Denne inddeling kan være ganske bekvem for den foreliggende undersøgelse, og vi vil derfor opretholde den.

Af sagens natur følger, at disse typer ikke er skarpt afgrænsede fra hinanden, men den ene gaar over i den anden.

Vi vil betragte nogle sjøer af hver af disse typer og se, hvor raskt afkjølingsprocessen skrider frem, indtil islægning kan finde sted.

1. Grunde sjøer.

Vi saa i kapitel 4, at den daglige opvarmning og afkjøling i Weissensee var iagttaget til et dyb af 30—35 m. Dette er vistnok usdvanligt. I Genfersjøen er den iagttaget ned til et dyb af 20—25 m.

Vi besidder ikke fra vort land saadanne temperaturserier, som vilde afgjøre, hvor dybt ned den daglige temperaturforandring gjør sig gjældende i vore sjøer; men efter iagttagelserne andetstedsfra kunde vi muligens definere grunde sjøer som sjøer, hvor det midlere dyb ikke overstiger 20—25 m.

I sjøer af denne typus vil udjævningsprocessen gaa raskt for sig. Allerede ved en natlig afkøling vil der kunne merkes temperaturforskjel nær bunden.

Naar der om høsten indtræder en kuldeperiode, udvikles snart den indirekte lagstilling, og sjøen vil fryse til, saa snart der indtræder hertil gunstige omstændigheder. Det er derfor let forstaaeligt, at de grunde sjøer har en meget tidlig islægning.

Betragtes planche 10, vil vi se, at det der er grafisk fremstillet, naar flere saadanne grunde sjøer pleier at fryse til.

Vi ser, at ved Storsjøen i Odalen, Lomnessjøen, mindre sjøer ved Røros, Sagvatnene i Salten og ved flere andre, som maa antages at være grunde, pleier islægningen normalt at indtræffe kort tid, efterat dagene med kuldegrader er indtraadt.

Hvis vi skriver op den normale islægningsdatum for enkelte grunde sjøer fra forskellige egne af landet og efter de meteorologiske observationer angiver, hvor lang tid der er medgaaet mellem dagen med nul graders middeltemperatur og islægningen, kommer det tydelig frem, hvor hurtig afkølingsprocessen pleier at skride frem.

	Islægningsdatum.	Antal uger fra den dag, da middeltemperaturen normalt er = 0°, og til den dag, da islægningen pleier at finde sted.
Nordenden af Mjøsen	27de novbr.	3
Nordlige del af Randsfjorden	21de novbr.	2½
Krøderens sydlige del	1ste decbr.	3
Soneren	21de novbr.	1½
Myklevatn	23de novbr.	1
De øvre sjøer i Fredrikshaldsvasdraget	1ste decbr.	2
Vannsjø	23de novbr.	1
Øieren	30te novbr.	2
Storsjøen i Odalen	15de novbr.	1½
Vermundsjøen	7de novbr.	1

	Islægningsdatum.	Antal uger fra den dag, da middeltemperaturen normalt er = 0°, og til den dag, da islægningen pleier at finde sted.
Lomnessjøen	7de novbr.	2
Mindre sjøer ved Røros	31te oktbr.	2
Vinstern	25de oktbr.	1 à 2
Øiangen i Valdres	10de novbr.	2 à 3
Flatsjø	19de novbr.	2
Møsvatn	23de novbr.	3
Sundkilen i Kviteseidvatn	30te novbr.	3
Kilefjorden	8de decbr.	1 à 2
Aarakfjorden	2den decbr.	2
Sogndalsvatn	23de novbr.	1 à 2
Eidsvatn	25de novbr.	1 à 2
Leksdalsvatn	30te novbr.	3
Vestlige del af Snaasenvatnet	8de decbr.	3
Nedrevatn ved Sulitjelma	15de novbr.	2
Sagvatn	25de novbr.	2
Altevatn	1ste novbr.	2 (?)
Pasvikelven	29de oktbr.	2

Man kjender ikke dybet i alle disse sjøer saa nøie, at det lader sig gjøre at udregne noget nøiagtigt gjennemsnittsdyb; men efter de foreliggende maalinge og de meddelelser, som er indhentede fra lokalkjendte, maa det antages, at samtlige maa regnes som grunde.

Som vi ser, indtræder islægningen tidlig ved disse sjøer, idet der kun pleier at medgaa 1—3 uger fra den datum, da luftens middeltemperatur er 0°, og til den normale islægningsdatum.

Hvis vi paa et kart vilde optegne kurver gennem de steder, hvor islægningen paa de grunde sjøer foregaar paa samme datum, vilde følgelig disse kurver i det store og hele taget vise et parallelt løb med nulisotermene.

Omvendt kunde man ogsaa ved at iagttage, naar isen lægger sig paa vore grunde sjøer, have et godt maal for, hvordan høsten skrider frem, og naar vinteren begynder at indtræde.

2. Sjøer af middels dyb.

Som vi straks nærmere skal omtale, merkes endnu den aarlige temperaturforandring i et dyb af 100—150 m., men variationen er ikke synderlig betydelig paa et dyb under 100 m. Vi vil derfor ved sjøer af middels dyb forstaa saadanne, som har et gennemsnitsdyb mellem ca. 30 og 100 m.

Ved disse sjøer maa afkølingen kræve længere tid end ved de grunde, idet varmetabet pr. overfladeenhed her maa fordeles paa en større vandmasse.

Den daglige afkøling og opvarmning naar i disse sjøer ikke helt ned til bunden, og det er derfor klart, at det maa tage flere døgn, førend varmetabet skal kunne udbredes i hele sjøens dyb.

Medens det hænder, at en natlig afkøling ved meget grunde sjøer kan gjøre sig gjældende ned gennem sjøens hele dyb og saaledes bestemme dennes temperaturforhold helt til bunds, saa maa ved dybere sjøer virkningen af den daglige temperaturvariation mere udjevnes, idet bundtemperaturen her ikke influeres saa meget af en enkelt nats afkøling, men bestemmes af, hvilken forskjel der er fra dag til dag i døgnets middeltemperatur.

Et enkelt døgn's temperaturforandring vil med andre ord ikke have nogen væsentlig indflydelse paa afkølingens fremadskriden i dybere sjøer, og saaledes vil vi f. eks. ikke finde, at en dybere sø kan islægges i løbet af en sterk frostnat tidlig paa høsten, medens vi kan finde, at grunde tjern og sjøer i nærheden er sterkt islagte.

Vi saa, at der kun pleiede at medgaa kort tid fra den dag, da middeltemperaturen var gaaet ned til nul grader, og til, at grunde sjøer islagdes.

Vi vil paa samme maade se, hvor lang tid der pleier at medgaa fra dagen med nul grader og til, at der lægges is paa vore dybere indsjøer.

I omstaaende tabel skrives derfor op islægningsdatoen ved nogle sjøer fra forskellige egne af landet, hvilke maa formodes at være af middels dybde. Da gennemsnitsdybet ikke kjendes, kan dette ikke anføres; men som et maal for dybet skal for hver enkelt sø anføres det største iagttagne dyb.

	Størst iagttaget dyb. m.	Normal islægnings- datum.	Antal uger fra den dag, da middeltem- peraturen normalt er = 0°, og til den dag, da islægningen pleier at finde sted.
Mjøsen sydover til Ringsaker .	104	26de decbr.	7
Hurdalssjøen.	?	15de »	5
Randsfjordens sydlige del . . .	108	7de jan.	8
Sperillen	108	1ste »	7
Krøderens nordlige del	?	23de decbr.	6
Osen	109	25de »	8
Fæmunden	130	16de »	8
Vaagevatn	72	3die »	5
Tyin	100	1ste »	7
Slidrefjorden.	?	24de novbr.	4
Totak, søndre del	98	10de decbr.	6
Byglandsfjord	?	28de »	7
Røldalsvatn	?	20de »	5
Vangsvatn, Voss	?	20de »	4
Vasbygdvatn	67	25de »	4
Veitestrandsvatn	?	1ste jan.	5
Oldenvatn	90	20de decbr.	4
Færen i Stjørdalen	?	23de »	7
Langvatn i Ranen	?	15de »	5
Røsvatn	?	25de »	8
Langvatn, Sulitjelma	91	22de novbr.	4 à 5

Som vi ser, er der flere af disse sjøer, hvor der ikke er foretaget oplodninger, men ved hver af dem er der flere omstændigheder, som tyder paa, at de maa regnes som sjøer af middels dybde.

Vi ser, at der til afkølingsprocessens forløb i disse sjøer pleier at medgaa fra 4 til 8 uger, efterat dagen med middeltemperaturen = 0° er indtraadt.

Vi ser ogsaa, at ved de sjøer, som har størst maximumsdyb, og som derfor ogsaa maa antages at være de dybeste, pleier afkølingsprocessen at kræve længere tid end ved dem, hvor dybet er mindre.

Ved Randsfjorden, Sperillen, Osen, Fæmunden og Tyin, hvor dybet gaar ned under 100 m., varer det 7—8 uger efter dagene med middeltemperatur = 0°, før islægningen pleier at foregaa.

Ved de grundere af ovennævnte sjøer, som ved Vaagevatn, Totak, Vasbygdvatn, Oldenvatn og Langvatn, ser vi, at der pleier at medgaa kortere tid mellem de to tidspunkter. I Slidrefjorden, Vangsvatn m. fl. kjendes ikke dybet; men indsjøernes størrelse, beliggenhed og landets konfiguration ligesom ogsaa lokalkjendtes udsagn tyder paa et ikke synderligt stort dyb, og man tør derfor formode, at disse er de grunde af de ovenfor nævnte sjøer.

Inden gruppen — sjøer med middels dyb — er følgelig det forskellige gjennemsnitdyb af stor betydning for, naar islægningen kan finde sted.

Vi ser, at der ved sjøerne med størst og mindst gjennemsnitdyb er en forskjel af ca. 4 uger i tidsrummet mellem dagen med nul grader og islægningstidspunktet.

Herved er imidlertid at bemærke, at lufttemperaturen ikke gaar lige langt ned ud paa høsten i alle egne af vort land, og vi kan derfor selvfølgelig ikke forudsætte, at alle vore sjøer med lige stort dyb afkjøles lige hurtigt.

Hvis vi betragter de grafiske fremstillinger af den normale lufttemperatur og islægningen paa planche 10, saa ser vi, at der er en stor forskjel med hensyn til, hvor raskt temperaturkurven falder ned under den akse, som betegner 0° .

Der findes, som vi ser, ikke mange af vore sjøer, hvorover lufttemperaturen 4 à 8 uger, efterat den har gaaet under 0° , normalt pleier at være lige lav, og det er derfor øiensynligt, at sjøerne endog i dette tidsrum er under temmelig forskjelligartede betingelser for afkjøling.

3. Dybe og meget dybe sjøer.

Efter *Forel's*¹ mange maalinger gjør den aarlige temperaturforandring sig i Genfersjøen gjældende ned til et dyb af ca. 120 m. *Schietz*² har, som tidligere meddelt, i Mjøsen iagttaget sommeropvarmningen ned til ca. 150 m.s dyb. *Delebecque*³ har i lac du Bourget iagttaget den aarlige temperaturveksling ned til ca. 140 m. *Fitz-Gerald*, som har foretaget temperaturmaalinge i flere amerikanske indsjøer⁴, har fundet, at den aarlige temperaturveksling i disse sjøer har gaaet ned til et lig-

¹ Le Léman, p. 365.

² l. c.

³ Les lacs français, p. 143.

⁴ The Temperature of Lakes, Transactions of the Am. Soc. of Civil-Eng. XXXIV no. 2, p. 67.

nende dyb. *John Le Conte*¹ har derimod i Lake Tahoe iagttaget someropvarmningen til et dyb af ca. 200 m.

Grænsen for den aarlige temperaturvariation kan ikke antages at være lige stor ved alle sjøer. Der, hvor betingelserne for en sterkere opvarmning og en længere opvarmningsperiode er forhaanden, maa man antage, at sommervarmen kan trænge dybere ned end i sjøer, beliggende i egne, hvor sommeren er kortere og koldere.

Men hvis vi efter de temperaturmaalinger, som er foretagne i de forskellige sjøer, vilde forsøge at angive et dyb, til hvilken den aarlige temperaturveksling i sin almindelighed gaar ned, saa kunde vi sige, at grænsen for den aarlige temperaturforandring ligger mellem 125—175 m. Hvis vi imidlertid betragter de temperaturserier, som før vil findes anførte, ser vi, at forandringen i temperaturen i et dyb af over 100 m. fra sommer til vinter er meget ringe og kun udgjør nogle tiendedels grader. Vi maa saaledes nærmere kunne definere *dybe sjøer* som saadanne, hvor gjennemsnitdybet er større end ca. 100 m.

Naar det midlere dyb i en sjø er større end ca. 200 m., er der ved bunden et schicht, hvor temperaturen holder sig konstant fra sommeren til vinteren, og saadanne sjøer vil vi her benævne *meget dybe sjøer*.

Vi vil se, hvor lang tid afkjølingen tager ved nogle af vore dybe sjøer. Vi skriver derfor op følgende tabel:

	Størst iagttaget dyb. m.	Det normale islæg- ningstidspunkt.	Antal uger fra den dag, da middeltem- peraturen normalt er = 0°, og til den dag, da islægningen pleier at finde sted.
Norsjø	176	1ode febr.	12
Aardalsvatn	186	aabent	—
Selbusjøen ²	135	1ste mars (?)	14 (?)
Bandak	211	23de jan.	10
Bygdin	215	27de decbr.	10
Tyrfjorden	281	24de jan.	10
Tunnsjø	?	25de »	13
Storsjøen i Rendalen	301	1ste febr.	13
Snaasenvatn (øvre del)	?	15de »	12

¹ *Overland Monthly*: 2d Series. Vol. 2. 1883, p. 506 flg.

² Selbusjøens normale islægningstidspunkt er muligens sat noget vel sent.

	Størst iagttaget dyb. m.	Det normale islæg- ningstidspunkt.	Antal uger fra den dag, da middeltem- peraturen normalt er = 0°, og til den dag, da islægningen pleier at finde sted.
Mjøsen (centrale del)	452	10de febr.	12
Hornindalsvatn	482	24de »	12
Fyresvatn	?	aabent	—
Lundevatn	310	aabent	—
Suldalsvatn	?	aabent	—
Salsvatn	445	aabent	—

Vi ser, at der normalt medgaar mindst 10 uger fra den dag, da middeltemperaturen er 0°, og til den dag, vore dybe sjøer islægges.

Hvis de dybe sjøer ligger under saadanne klimatologiske betingelser, at vintertemperaturen ikke gaar betydelig ned under 0°, saa ser vi, at de normalt ikke pleier at fryse til. Afkjølingen kan i disse sjøer ikke fortsætte saa længe, indtil sjøen i hele sit dyb har antaget temperaturen for maximum af tæthed. Før udjævningsprocessen er helt færdig, vil der nemlig begynde at ske en opvarmning, hvorved den direkte lagstilling atter mere og mere udvikles, og der kan følgelig ikke finde nogen islægning sted.

Inden sjøerne af denne gruppe kan der ikke for de dybeste og de mindst dybe paavises nogen væsentlig forskjel i det tidsrum, som medgaar til afkjølingen fra, at luftens middeltemperatur paa vedkommende sted er 0°, og til islægningsdatoen. Ved Bandak udgjør saaledes tidsrummet 10 uger; men ved Norsjø, som maa antages at have et mindre dyb, udgjør det derimod 12 uger, og en længere tid medgaar heller ikke til afkjølingen i Mjøsen, som har et dobbelt saa stort dyb som Norsjø.

At saa er tilfældet, er, hvad vi kunde formode.

Vi vil erindre, at det i de dybe sjøer kun er i det øvre lag fra overfladen og 125—175 m. ned, at temperaturen veksler fra sommer til vinter. Afkjølingen behøver følgelig ikke at naa længere ned end til denne grænse, før den indirekte lagstilling kan indtræde. Det nedenfor værende vandlag over følgelig ingen indflydelse paa den aarlige afkølingsproces, og enten dette er et forholdsvis dybt lag eller et grundt lag, maa for afkølingens gang i overfladen være ligegyldigt.

Som før omtalt, er der i Genfersjøen af Forel iagttaget nogle periodiske temperaturforandringer, som strækker sig over flere aar, og som gjør sig gjældende helt til de nederste lag.

Hvis vi vil antage, at saadanne periodiske forandringer skulde kunne paavises i vore dybeste sjøer, saa vilde ikke fænomenet her ligesom i Genfersjøen, hvor altid det koldeste vand befinder sig ved bunden, vise sig som en variation fra aar til aar i bundtemperaturen.

Vi maatte i vore sjøer, hvor lagstillingen veksler hver høst og vaar, i dette tilfælde finde, at den aarlige opvarmning trængte dybere ned i de aar, som kunde tænkes at befinde sig midt i en varm klimaperiode, og at afkjølingen aarlig gik længere ned i de aar, som befandt sig midt i en kold periode. Men vi kan neppe antage, at saadanne periodiske temperaturforandringer kan gjøre sig gjældende til de dybeste lag i vore dybe indsjøer.

Seet ud fra dette synspunkt, skulde det saaledes være en mulighed for, at en del af dybet under den grænse, vi før har nævnt for den aarlige temperaturforandring, kan øve nogen indflydelse paa afkjølingens gang. Men som ovenstaaende tabel udviser, er den tid, som medgaar til afkjølingen i de dybe og de meget dybe indsjøer, omtrent den samme, og den forskjel, som findes, er visselig mere at søge i de forskjelligartede klimatologiske forhold end i de forskjellige dybdeforhold.

Indsjøernes dyb har, som vi har seet, en væsentlig indflydelse paa, hvor lang tid der medgaar til afkjølingsprocessen, og følgelig ogsaa paa det heraf betingede islægningstidspunkt. I de grundere sjøer sker afkjølingen i løbet af ganske kort tid, saa at islægningen kan finde sted et par uger, efterat den daglige middeltemperatur er gaaet ned til nul grader. Ved de dybere sjøer varer det derimod længere, førend islægning kan finde sted. De middels dybe sjøer, hvor dybet gaar ned indtil ca. 100 m., pleier at være afkjølede 4—8 uger efter nævnte tidspunkt. Tiden varierer, eftersom det forholder sig med gennemsnitsdybet og med de klimatologiske forhold. Ved vore dybe og meget dybe indsjøer, hvor dybet er større end 100 m., pleier der normalt at medgaa mere end 10 uger fra dagen med middeltemperatur = 0°, til islægning indtræffer. Men ved dem af vore dybe indsjøer, som er beliggende under et mildt vinterklima, vil afkjølingen som regel ikke kunne fortsætte i et saa langt tidsrum, og paa disse kan der derfor normalt ikke finde nogen islægning sted.

Dybets indflydelse forklarer selvfølgelig en hel del af de meget forskellige islægningsdata, som vi har seet ved sjøer, som synes at ligge under ensartede klimatologiske betingelser.

Vi vil betragte nogle saadanne tilfælde. Paa Østlandet ligger i nærheden af hinanden *Mjøsen*, *Hurdalssjøen*, *Randsfjorden*, *Sperillen*, *Øieren* og *Storsjøen* i Odalen i omtrent samme høide o. h. og under temmelig ensartet vintertemperatur. *Tyrifjorden* ligger noget lavere, men ogsaa ved denne sjø er vinterklimaet ligt det ved de ovenfor nævnte sjøer.

Islægningen indtræffer ved disse sjøer til temmelig forskjelligt tidspunkt.

Paa en grafisk fremstilling af normaltemperaturen ved Eidsvold (planche 11) er angivet hver af disse sjøers islægningstidspunkt.

Der er et langt tidsrum mellem den datum, 15de novbr., hvorpaa *Storsjøen* pleier at fryse til, og den datum, 10de febr., hvorpaa *Mjøsen* pleier at fryse til. Men som vi ser, maa det derfor være dybet, som har en afgjørende indflydelse paa, naar islægningen indtræder ved hver af disse sjøer.

Paa *Storsjøen*, hvor maximumsdybet, som allerede nævnt, kun er ca. 30 m., og som saaledes maa betegnes som en usædvanlig grund indsjø, sker islægningen allerede 15de novbr.; paa den centrale del af *Mjøsen*, hvor dybet gaar ned til 452 m., finder derimod islægningen ikke sted før 10de febr.

Dybdeforholdene i *Øieren* er ikke noiagtig undersøgte; men som før omtalt er hele den nordligere del af sjøen meget grund. I den sydlige del skal man ogsaa næsten alle steder kunne naa bunden med et almindeligt fiskesnøre. Der er saaledes grund til at formode, at gennemsnitsdybet af sjøen ikke er synderlig stort; men sandsynligheden taler for, at *Øieren* er noget dybere end *Storsjøen*.

I *Hurdalssjøen* kjendes heller ikke dybet sikkert; men fra den sydlige del opgives det, at man i regelen ikke kan naa bunden med et almindeligt fiskesnøre, saa det er sandsynligt, at den er dybere end *Øieren*.

I saavel *Sperillen* som *Randsfjorden* gaar dybet ned til 108 m., og vi kan efter lodskuddene, som før er meddelte, antage, at den sydlige del af *Randsfjorden* og *Sperillen* er gennemsnitlig omtrent lige dybe. Islægningen, ser vi, pleier at foregaa omtrent samtidig paa disse to sjøer.

I *Tyrifjorden* gaar dybet ned til 281 m., og denne sjø maa saaledes antages at være adskillig dybere end de sidstnævnte. Som vi ser, fryser sjøen til ca. 3 uger senere end hine. *Tyrifjorden* er dog ikke saa dyb som *Mjøsen*, og derfor ser vi, at islægningen paa denne sker ca. 2 uger senere end paa *Tyrifjorden*.

Dybdeforholdene giver følgelig en fuldstændig forklaring paa de forskellige islægningstidspunkter ved disse nærliggende søer, hvor vi efter de ensartede klimatologiske forhold maa antage, at der ikke er synderlig forskjel i den varmemængde, som til enhver tid afgives fra de forskellige søer under afkølingsprocessen.

Et andet tilfælde, hvor dybets indflydelse paa islægningstidspunktet kommer godt tilsyne, er ved Tyin og Bygdin. Tyin islægges normalt ca. 4 uger før Bygdin. Af de foran meddelte lodskud fremgaar det, at medens dybet i Tyin kun naar op til 100 m., saa er Bygdin indtil 215 m. dyb, og dette forklarer følgelig den betydelig længere afkølingstid ved Bygdin.

Storsjøen i Rendalen er en af vore dybeste søer, og vi har seet, at islægningen paa denne falder paa et meget sent tidspunkt. Lomnes-sjøen, som ligger et kort stykke ovenfor under omtrent samme klimatologiske betingelser, men som er en grund sø, islægges derimod meget tidlig.

Ligedan ved de nærliggende søer: Ekern og Fiskumvatn og ved Salsvatn i Fosnæs og det i samme niveau liggende Skrøstadvatn. Disse større, dybe søer har en meget sen islægning, medens de nærliggende grunde søer fryser tidlig til.

Islægningsforholdene paa nogle søer i Romsdals amt er ganske besynderlige. Snipsørvatn og Brusdalsvatn, som ligger ude ved kysten, pleier næsten hvert aar at være islagte. Eikisdalsvatn, som ligger inde i landet under et strengere vinterklima, pleier derimod kun sjelden at være islagt.

Dette kan vi neppe forklare paa anden maade end ved at antage, at vandene ved kysten er grunde.

Over vandene er nemlig luftens normale vintertemperatur positiv for hver af vintermaanederne, og hvis afkølingen ikke kunde gaa for sig i den korte periode, hvori der i denne egn pleier at være kuldegrader, vilde nogen islægning neppe kunne finde sted. Eikisdalsvatn skal derimod være dybt. Over dette vand er derfor ikke lufttemperaturen længe nok saa lav, at det normalt kan islægges.

I et bassin, hvor længden ikke er uforholdsmæssig stor i forhold til bredden, og hvor dybet er nogenlunde regelmæssigt, vil det være det *midlere dyb*, som er bestemmende for afkølingens fremadskriden. Vand af samme tæthed og følgelig af samme temperatur vil nemlig, som be-

rort, ifølge sine fysiske egenskaber altid bestræbe sig for at befinde sig i samme horizontale lag, og det er derfor oiensynligt, at der i sin almindelighed ikke kan ske en raskere afkjøling i vandlaget over de grundere partier end over de dybere. Afkølingens gang maa være afhængig af saavel de større som de mindre dyb i bassinet, og et udtryk for alle dyb er netop gennemsnitsdybet.

Som allerede før anført, er der imidlertid fra flere sjøer iagttaget, at vand i samme horizontale lag ikke har havt samme temperatur¹.

Ved flere slags indsjøer er det let at indse, at dette maa være tilfældet.

Naar f. eks. en sø med ujevnt dyb har en meget stor længde i forhold til bredden, saa er det ikke rimeligt, at udblandingen af vandlagene i hele sjøens længde kan udvikles saa raskt, at der altid kan være lige stor temperatur i samme horizontale lag. Det vil følgelig let indsees, at afkølingen kan skride ulige raskt frem i de forskellige dele af en saadan sø. Et andet eksempel, som forøvrigt tidligere er berørt, kan ogsaa anføres. Hvis vi har en sø, der er sammensat af flere bassiner, vil afkølingen inden hvert enkelt af bassinerne foregaa væsentlig uafhængig af, hvorledes afkølingen skrider frem i nabobassinerne. Det er følgelig oiensynligt, at ogsaa afkølingen af de forskellige dele af en saadan sø kan skride ulige raskt frem.

Vi har fra flere af vore indsjøer eksempler paa, at afkølingens fremskriden er forskjellig i de forskellige dele af sjøen, saa at islægningen pleier at foregaa til forskjellig tid.

Medens den nordlige del af Mjøsen pleier at fryse til omkring 27de november, pleier der ikke at lægges is sydover til Ringsaker før omkring 25de december, og for den centrale del af sjøen, syd for Helgøen, falder det normale islægningstidspunkt først omkring 10de februar.

Nu er Mjøsen grund i sin nordligste ende, noget dybere ved Biri, men maa endnu regnes som en sø af middels dyb sydover forbi Ringsaker. Først søndenfor Gjøvik falder dybet saa raskt af, at sjøen herfra kan regnes for meget dyb. Hvis vi opfatter de nævnte 3 dele af sjøen som bassiner, der i det væsentlige afkøles uafhængig af hinanden, er de forskellige islægningstidspunkter kun, som vi efter dybdeforholdene kan vente.

Det kan følgelig ikke være gennemsnitsdybet for hele Mjøsen, som bestemmer afkølingens gang, men det maa være det midlere dyb for hver af disse dele af sjøen.

¹ Sml. *Forel.*: Sur l'inclinaison des couches isothermes dans les eaux profondes du lac Léman. *Compt. rend.* B. 102, p. 712.

Paa flere andre af vore lange og smale sjøer foregaar ogsaa islægningen over de forskjellige dele til forskjellige tider. Islægningen pleier først at foregaa over de grundeste dele og senere over de dybere.

I Randsfjorden er den nordlige del grund. Her sker islægningen allerede sidst i november; men i den sydlige del er dybet større, og her foregaar islægningen ikke før i begyndelsen af januar.

Krøderen derimod er dybest i den nordlige del, og derfor foregaar islægningen der sidst.

Sundkilen i Kviteseidvatn er grund, medens Kviteseidvatn ellers er dybt. Det er saaledes let forklarligt, at Sundkilen fryser til allerede i slutten af november, medens Kviteseidvatn ellers ikke pleier at islægges før i den sidste halvdel af januar.

Suldalsvatn skal være meget dybt i den øverste del, og her fryser vandet yderst sjelden til. Den nederste del er derimod grundere, og her pleier der hver vinter at lægges is.

Snaasenvatn er grundt i den vestlige del fra Kvam og vestover, og paa denne del af vandet lægger isen sig allerede i begyndelsen af december. I den bredeste del af vandet, ved Aalnæs, skal dybet gaa meget langt ned, og det vanlige skal være, at denne del af vandet ikke islægges før omkring midten af februar.

Ved de fleste andre større indsjøer er det ogsaa som oftest tilfældet, at isen lægges adskillig tid før over de grundere viker og bugter end over de centrale partier af sjøen, hvor dybet er større.

Følgelig ser vi, at det ofte ikke er hele sjøens gjennemsnitdyb, men det midlere dyb af enkelte partier af sjøen, som er bestemmende for afkjølingens forløb.

Et andet forhold maa ogsaa nævnes under behandlingen af dybets indflydelse paa islægningstidspunktet.

Vi ser af de foran anførte data, at islægningstidspunktet ved nogle sjøer aar om andet pleier at falde paa samme datum, medens det for andre sjøers vedkommende kan indtræffe til høist forskjellig tid.

Dette forhold er afhængigt af afkjølingsperiodens varighed og følgelig ogsaa af sjøernes dyb. Hvis afkjølingen kan gaa raskt for sig, vil islægningstidspunktet selv i et mildt aar kun falde saa meget senere, som dage med kuldegrader indtræder senere end normalt; men hvis afkjølingsperioden udkræver lang tid, saa er det klart, at islægningen vil kunne indtræde paa forholdsvis meget forskellige datoer, eftersom vinteren er mild eller kold.

Ser vi paa de foran meddelte islægningsdata, vil vi bemærke, at det især er paa de grunde sjøer, at islægningen de forskjellige aar pleier at foregaa omkring samme datum; men paa de dybe sjøer pleier islægningstidspunktet at indtræffe til meget forskjellig datum.

B. Andre lokale faktorerers indflydelse paa islægnings-tidspunktet.

Vi har af de mange anførte eksempler seet, hvordan dybet har øvet den bestemmende indflydelse paa afkjølingens gang i indsjøer, som er beliggende under lige klimatologiske forhold.

Heraf maa uddrages den slutning, at af de lokale faktorer øver dybet den største og væsentligste indflydelse paa afkjølingens gang og det heraf betingede islægningstidspunkt. De øvrige lokale faktorer maa i sin almindelighed i sammenligning hermed kun være af underordnet betydning; thi ellers kan vi neppe tænke os, at islægningstidspunktet ved alle disse forskjellige sjøer, hvor de øvrige lokale forhold er meget forskjelligartede, havde staaet i saa nøie sammenhæng med de forskjellige indsjøers dybdeforhold. *Forel* anser de øvrige lokale faktorerers indflydelse paa sjøernes temperaturforhold saa rent uvæsentlig, at han uden videre siger om dybet¹: »— — — car c'est d'elle que dépend, toutes choses égales d'ailleurs dans les faits climatiques, l'amplitude des variations thermiques du lac.«

Vi skal imidlertid se, at ogsaa flere andre faktorer af lokal art kan øve nogen indflydelse paa afkjølingens gang, endskjønt vi vil finde, at disse kun ved meget faa af vore betydeligere indsjøer har spillet nogen videre merkbar rolle for det normale islægningstidspunkt. Paa forhaand kan vi gaa ud fra, at disse faktorerers indflydelse maa være af saa underordnet art, at vi kan indskrænke os til mere kortelig at diskutere den indflydelse, som hver af disse kan antages at øve paa islægningen.

I slutten af kapitel 4 nævntes de vigtigste lokale faktorer, som kunde have indflydelse paa sjøernes temperaturforhold. Disse var sjøernes tilløb, strømme, deres form og størrelse, deres omgivelser, og endelig kommer hertil nogle andre faktorer, som senere skal nævnes.

¹ Le Léman, pag. 304.

1. Sjøernes tilløb.

I hvilken grad tilløbene virker paa sjøernes temperaturforhold, er foruden af forskjellen mellem tilløbets og sjøens temperatur afhængigt af den vandmasse, tilløbene fører i forhold til sjøens vandmasse. Videre er det ogsaa afhængigt af tætheden af det irindende vand og følgelig af, hvor meget slam tilløbene fører, samt af, hvordan det er med sjøens form og dybdeforhold i nærheden af indløbet.

Afkjølingen ved tilløbene kan blive ganske betydelig der, hvor disse er forholdsvis kolde, f. eks. hvor tilløbene ganske nylig er komne ned fra fjeldet, og hvor tilløbene i en kort tid fører en vandmængde, som udgjør en betydelig del i forhold til sjøens. Der, hvor vandet i tilløbene har en temperatur, som ikke er synderlig forskjellig fra den, som findes i sjøen, og hvor der stadig kun tilføres en liden vandmængde i forhold til sjøens eget rumindhold, maa afkølingen ved tilløbene kun være forholdsvis ubetydelig.

I vore større sjøer kan vi ikke antage, at tilløbene i sin almindelighed spiller nogen væsentlig rolle under afkølingsprocessen.

Hvis vi f. eks. ser hen paa en sø som Øieren, der er en grund sø, og som har et overmaade stort nedslagdistrikt i forhold til sin størrelse, og hvor følgelig betingelserne for en afkøling ved tilløbene synes at være forholdsvis gunstige, vil vi finde, at endogsaa her er den vandmængde, som til enhver tid løber ud i sjøen, forholdsvis liden i sammenligning med sjøens rumindhold.

Øieren er 87.4 km.² stor. *Holmsen*¹ har beregnet dens gennemsnitlige dyb til omkring 25 m.

I november er Glommens midlere vandføring ved Mørkfos omkring 450 m.³ pr. sekund. Følgelig vil den vandmængde, som rinder ud i sjøen i løbet af en time kun udgjøre $\frac{1}{1400}$ af sjøens vandmængde, eller med andre ord skulde det vare omkring to maaneder, før vandet i sjøen helt fornyes. Vi ser, at Øierens vandmasse er saa stor i forhold til den vandmængde, de irindende tilløb fører, at det ikke kan antages, at tilløbenes temperatur skal kunne have nogen videre indflydelse udover mere end en meget begrænset del af sjøen.

Der foreligger ikke fornødne temperaturmaalinge i vore elve til, at vi nærmere kan opstille en beregning af, hvor megen varme der afgives fra vore sjøer ved optagelsen af tilløb.

¹ Seiches i norske indsjøer. Arch. for Math. og Naturv. B. 20, p. 27. (Ang. den anvendte metode sammenlign Forels foredrag under geografkongressen i Berlin 1899. — Referat i Geographische Zeitschrift Heft II 1900).

Vi vil formodentlig ogsaa i vore elve finde, saaledes som *Forster*¹ har paavist andetsteds fra, at afkjølingen ud paa høsten i regelen er noget længere fremskreden i det rindende vand, end den er i overfladen af sjøerne.

Det er saaledes sandsynligt, at vandet i tilløbene under den længste del af afkølingsperioden vil have en tæthed, som svarer til tætheden af et eller andet vandlag i sjøen under overfladen.

Vandet fra tilløbene vil med andre ord antageligvis, naar det kommer ind i en sjø, kunne synke ned og stille sig mellem vandlag af samme tæthed.

Naar elvene fører en betydelig slammængde, kan det stundom hænde, at endog kolde tilløb virker opvarmende paa sjøen. Slammængden bevirker nemlig, at tætheden bliver større, og følgelig synker slamførende vand i sjøer med den direkte lagstilling ned mellem lag, hvor temperaturen er lavere, og vandet fra tilløbene maa saaledes kunne afgive varme til omgivelserne.

Dette ganske eiendommelige forhold, at tilløb, som kommer ned fra bræer, virker opvarmende paa en sjø, er saaledes f. eks. flere gange iagttaget af Forel ved Rhonés udmunding i Genfersjøen.

Da optagelsen af tilløb ikke spiller nogen væsentlig rolle i afkølingens gang i vore større sjøer, kan det følgelig heller ikke tænkes, at tilløbene kan have nogen væsentlig indflydelse paa islægningstidspunktet.

Vi vil gjøre nogle sammenligninger mellem, naar islægningen pleier at indtræffe ved nogle sjøer med stort nedslagsdistrikt, og naar den pleier at indtræffe ved nogle sjøer med lidet nedslagsdistrikt, og se, hvorvidt nogen forskjel kommer tilsyne.

Storsjøen i Odalen har et ganske ubetydeligt nedslagsdistrikt i sammenligning med Øieren, men desuagtet indtræffer islægningen normalt 14 dage tidligere paa den førstnævnte sjø. Dette, at der sker nogen afkøling i Øieren ved, at denne sjø gennemstrømmes af et stort vasdrag, medens afkølingen ved optagelsen af de smaa vasdrag i Storsjøen maa være meget ubetydelig, kan følgelig ikke antages at have nogen merkbar indflydelse paa, naar den normale islægning kan indtræffe. Ved begge sjøer falder islægningstidspunktet saadan, som vi kan vente os det efter den klimatologiske beliggenhed og dybdeforholdene. At den ene sjø har et stort nedslagsdistrikt, medens den anden kun har et ganske lidet, synes i denne henseende ikke at have nogen betydning.

¹ *Forster*: Die Temperatur fließender Gewässer Mittel-Europas. Geograph. Abhandl. herausgeg. von Penck, B. V. Heft 4. Wien 1894.

Fæmunden, Hurdalssjøen, Vannsjø ved Moss har alle et forholdsvis lidet nedslagsdistrikt. Det normale islægningstidspunkt er ved disse sjøer, som vi før har seet, saadan, som vi kan vente os det efter de klimatologiske betingelser og dybdeforholdene.

Mjøsen, Randsfjorden, Sperillen og Tyrifjorden har et stort nedslagsdistrikt; men heller ikke ved nogen af disse indsjøer indtræder islægningstidspunktet anderledes, end vi kan vente os det efter de klimatologiske betingelser og dybdeforholdene.

Vi maa saaledes antage, at tilløbene i almindelighed ikke øver nogen indflydelse paa afkjølingen i vore større indsjøer.

Herved er imidlertid at merke følgende forhold:

Det rindende vand har i tidernes løb ført med sig saa meget materiale, at vore største og dybeste indsjøer er opgrundede der, hvor større elve munder ud. En saadan opgrundning kan i flere af vore sjøer udstrække sig over en forholdsvis betydelig del af sjøen.

Øieren er f. eks. saa grund i sin nordlige del, at det om sommeren kun yderst vanskelig lader sig gjøre at ro over den.

Det er øiensynligt, at hvis der om høsten optages vand fra elve, hvor afkjølingen er længere fremskreden, vil dette kolde vand forholdsvis raskt kunne udbrede sig over de opgrundede partier udenfor elvemundingen, og her vil saaledes tilløbene kunne foraarsage en ganske betragtelig afkjøling.

Naar vi derfor ser, at isen lægges tidlig i nærheden af udløbet af de store tilløb i Mjøsen, Randsfjorden, Øieren m. fl., saa maa det antages, at ogsaa tilløbene her kan have en medvirkende indflydelse paa den raske afkjøling. I hvor stor grad kan man dog ikke bestemme, idet hertil fornødne temperaturmaalinger ikke foreligger.

Noget anderledes end før udviklet kan det være ved smaa og grunde sjøer. Hvis saadanne sjøer, som følgende rummer en forholdsvis liden vandmasse, optager et stort tilløb, kan dettes temperatur have en ganske væsentlig betydning for sjøens temperaturforhold.

Ligger en liden sjø saaledes til, at den gennemstrømmes af et større vasdrag, som nylig er kommet ned fra fjeldet, og som saaledes fører forholdsvis koldt vand, kan afkjølingen i sjøen paaskyndes ret betydelig ved optagelsen af tilløbet.

Islægningstidspunktet ved saadanne sjøer kan følgelig antages i ganske væsentlig grad at bero paa afkjølingen ved optagelsen af kolde tilløb. Vi vil nævne et godt eksempel herpaa. Grungevatn i Telemarken er 2 km.² stort og ganske grundt. Islægningen pleier, som vi har seet, at finde sted allerede i de første dage af november. Dette synes at

være noget tidligere, end vi skulde vente efter de klimatologiske forhold paa det sted. Men vandet gennemløbes af et ganske stort vasdrag, som dannes ved samløbet af Flaathyla og Bora, som begge kommer hastig ned fra Haukelifjeld, hvor de delvis næres af evig sne og is.

Vi kan her finde forklaringen paa den tidlige islægningsdatum.

Foruden elve kan ogsaa undersøiske tillob — kilder — have nogen indflydelse paa en sjøs temperaturforhold. *Delebecque*¹ har ofret dette forhold et ganske indgaaende studium.

Vi nævner det her, fordi undersøiske kilder under visse forhold kan tænkes at øve nogen indflydelse paa islægningen i overfladen ret ovenfor opkommet.

Hvis der f. eks. i en grund sø springer frem en kilde med vand af mindre tæthed end sjøens vand, vil en saadan foraarsage en opgaaende strøm, og denne vil medføre, at vandet ikke kan afkjøles saa raskt paa det sted i sjøen som ellers.

Medens afkjølingen i den øvrige del af sjøen kan være saa langt fremskreden, at isen lægges, kan vi ret op for opkommet finde en aaben flæk, som først islægges betydelig senere. Dette forhold er kjendt fra flere steder. Fra de fleste grunde indsjøer og tjern ved folk at berette om varnehul eller »ylhul«, hvor isen kan være meget svag, medens den paa den øvrige del af sjøen kan være sterk.

2. Strømme.

Varmen forplantes i en sø, saadan som vi har seet, væsentlig ved strømning. Vandets forandring af tæthed ved opvarmning betinger vertikale strømme, hvorved varmen forplantes ned i dybet.

Foruden disse findes der imidlertid i søerne ogsaa horizontale strømme, og det er dem, vi nærmest vil tænke paa her. Som allerede for paapekt, vil vand af samme tæthed altid stræbe efter at befinde sig i samme horizontale lag. Men nu kan det hænde, at opvarmningen eller afkjølingen gaar raskere for sig i enkelte dele af sjøen. Dette vil medføre, at der maa foregaa en udblanding af vandet i samme horizontale lag, og der kan saaledes fremkomme horizontale strømme. Man

¹ Les lacs français, p. 158.

kan ogsaa finde strømme, som maa skyldes en virkning af vinden. Større gjennemløbende vasdrag kan ogsaa frembringe tydelige strømsætninger.

I nogle sjøer findes i almindelighed til enhver tid tydelige strømme. I andre sjøer er det kun sjelden, at saadanne kan iagttages. Nærmere at gaa ind paa dannelsen af samme vil være at gaa udenfor dette arbeides ramme, og vi vil derfor her uden nærmere at tænke paa, hvorledes de dannes, kun undersøge, hvilken indflydelse strømmene maa have paa afkjølingens gang og det deraf betingede islægningstidspunkt.

Er der strøm, vil denne bevirke en udblanding af vandlag af forskjellig tæthed og temperatur. I hvilken grad udblandingen sker, vil for en væsentlig del være afhængig af strømmens styrke.

Hvis vi antager, at der i en sø er en horizontal overfladestrøm, vil vandet i overfladen herved føres frem i strømmens retning. Eftersom vandet føres bort, maa imidlertid pladsen erstattes med vand fra de dybere lag, og eftersom dette vand igjen føres bort, maa pladsen paanyt indtages af andet vand. Resultatet maa blive, at der i almindelighed ved siden af den horizontale overfladestrøm ogsaa i dybet vil findes en lignende, som gaar den modsatte vei.

Der maa følges ved en saadan strøm kunne foregaa en ganske betragtelig udblanding af vandlagene.

Den iagttagelse, at der har foregaaet afkjøling under 4° ned til et betragteligt dyb, forinden der har dannet sig is, har, som før paapegt, *Buchanan*, *Forel* m. fl. for en del tilskrevet virkningen af strømme. *Delebecque*¹ paapeger ogsaa, at saadanne strømme kan spille en ganske betydelig rolle i enkelte sjøers temperaturforhold.

Strømmenes virkning under afkjølingsprocessens gang maa være noget forskjellig før og efterat temperaturen for maximum af tæthed er naaet. Er nemlig lagstillingen den termisk direkte, maa afkjølingsprocessen øiensynlig paaskyndes ved, at der kan foregaa en raskere udblanding af vandlagene i overfladen og dybet. Efterat afkjølingen er saa langt fremskreden, at lagstillingen er bleven den termisk omvendte, maa derimod strømmene derved, at de fordeler det afkjølede vand ned igjennem et større dyb i sjøen, virke til at udstrække afkjølingsprocessen over et længere tidsrum.

Det vil følges bero paa omstændighederne, hvorvidt resultatet af strømmenes virkning i det hele taget vil paaskynde eller forsinke afkjølingsprocessens forløb.

¹ Les lacs français, p. 151.

Vi besidder fra vort land meget faa iagttagelser over strømme i vore indsjøer. For et par af vore sjøers vedkommende er imidlertid saadanne godt kjendte.

I Storsjøen i Rendalen pleier der saaledes at være en saa iøinefaldende strøm, at den kjendes godt af den omkringboende befolkning. Strømmen, der i almindelighed benævnes »raaken«, er saa konstant og sterk, at den gennem aarrækker er benyttet under tømmerflødningen. Tømmeret skal aldrig være bugseret over Storsjøen. Naar man blot passer paa at holde tømmerbommene i strømmen, drives de med ganske stor hastighed ned langs den ene sjøbred.

Strømhastigheden i overfladen blev den 27de juni 1896 maalt omtrent ved midten af sjøen udenfor Buruen og fundet at udgjøre 0.3 m. Efter velvillige meddelelser af professor Schiøtz skal strømstyrken være endnu større i de vandlag, som ligger noget under overfladen.

Som vi har seet, er det normale islægningstidspunkt for Storsjøen opgivet til 1ste februar. Der skulde saaledes medgaa ca. 13 uger mellem den dag, luftens temperatur er nul grader og islægningstidspunktet. Dette synes at være et længere tidsrum, end der pleier at medgaa ved vore andre dybe indsjøer. Naar dertil ogsaa erindres, at vintertemperaturen i almindelighed gaar meget lavt ned i denne egn af landet, synes det, som om islægningen paa Storsjøen pleier at foregaa paa et noget sildigere tidspunkt, end vi skulde vente efter de klimatiske forhold og sjøens dyb.

Det ligger derfor nær at forklare den sene islægning som et resultat af strømmen, hvorved det afkjølede vand efterhvert bliver fordelt ned til et større dyb.

Fra Vaagevatn nævnes ogsaa, at der pleier at være sterk strøm. Islægningen paa denne indsjø falder ogsaa noget senere, end det kunde være at vente. Det er derfor sandsynligt, at ogsaa denne sjøs sene islægningstidspunkt maa skyldes strømmen i sjøen.

Saa udprægede strømme vides ikke at være iagttagne i andre af vore indsjøer. I flere har man dog strøm paa saadanne steder, hvor sjøen snevres ind til et sund. Om Altevatn skriver *Helland*¹:

»Omtrent 11 km. fra vestenden kniber vandet sig sammen til en bredde af neppe 70 m. og danner her en strøm saa sterk, at baaden under sedvanlige omstændigheder maa trækkes fra land af; denne strøm fryser ikke til om vinteren.«

¹ Tromsø amts beskrivelse, B. II, p. 220.

Lignende strømme, om end mindre udprægede, er f. eks. iagttagne i Næssundet i Mjøsen og i sundet ved Nordviken i Fæmunden. Islægningen pleier ogsaa i disse sund at foregaa paa et forholdsvis sent tidspunkt. I januar 1895 iagttoges saaledes, at sundet ved Nordviken var aabent, uagtet Fæmunden ellers var islagt en maaned i forveien.

At islægningen i saadanne sund pleier at foregaa senere end ellers i sjøen, er, som vi kan vente det. Ved strømmen blandes stadig de øverste, koldeste lag sammen med nedenforværende varmere vand. Temperaturen af overfladevandet her maa følgelig blive noget højere end ellers i sjøen, og dette medfører, at islægningen først kan indtræde paa en senere datum.

3. Sjøens form og størrelse.

I kapitel 4 nævntes, at størrelse og form maatte øve nogen indflydelse paa temperaturforholdene i sjøerne. Det blev berørt, at der ved enkelte af vore langstrakte søer kunde være forskjel i klimatologisk henseende over de forskjellige dele af sjøen. Af den grund maa opvarmningen og afkjølingen kunne gaa noget forskjellig for sig paa de forskjellige steder i sjøen.

Der blev sammesteds ogsaa gjort opmærksom paa, at varme, modtaget fra eller afgiven til bredderne, spiller nogen rolle i sjøernes termiske forhold. Som følge heraf vil vi kunne finde en noget forskjellig temperatur i samme horizontale lag i de centrale partier og ved kysterne.

Da form og størrelse øver indflydelse paa temperaturforholdene i sjøerne, maa vi kunne tænke os, at de samme faktorer øver indflydelse paa islægningstidspunktet.

Afkjølingens gang vil ved meget udskaarne, mindre indsjøer blive paaskyndet ved bortledning af varme til bredderne. Følgelig skulde vi vente, at islægningen paa saadanne søer vilde falde paa et noget tidligere tidspunkt end ved de større indsjøer, hvor afkjølingen ved bortledning af varme til bredderne ikke spiller saa stor rolle.

De fleste af vore større søer har i det store og hele taget en ikke meget forskjellig form. De er lange og smale, og forholdet mellem kystlinje og fladeindhold er ikke væsentlig forskjellig ved de fleste af dem. Ved vore større indsjøer vil det derfor være vanskeligt at paavise, hvordan dette ved de forskjellige søer kun lidet forskjellige varmetab kan have øvet en indflydelse, saa islægningen er indtraadt noget tidligere eller sildigere.

Vi finder som oftest ved de større indsjøer, at der danner sig is ved bredderne, førend de centrale partier pleier at fryse til. Dette kan have sin grund i, at sjøens dyb i regelen pleier at være mindst nær land, men bortledningen af varme ved kontakt med de afkjoledede bredder kan ogsaa være en medvirkende aarsag til, at afkjølingen her kan gaa saa raskt for sig.

Sjøernes størrelse og form kan ogsaa tænkes at øve indflydelse paa islægningstidspunktet derved, at disse faktorer delvis bestemmer, hvorvidt der kan opstaa strøm i sjøen. Ved vindens virkning og forøvrigt ogsaa paa anden maade har der lettere for at dannes sterk strøm i store og brede bassiner end i mindre.

Som vi nylig saa, udblandes vandlagene bedre i de sjøer, hvori der er sterk strøm. Det afkjoledede vand vil i disse sjøer kunne føres ned til et forholdsvis dybt lag, førend der danner sig is. Vi skulde derfor vente, at islægningen af denne grund vilde falde paa et noget sildigere tidspunkt ved de store og brede sjøer end ved de mindre.

En anden omstændighed, som ogsaa skulde kunne forsinke islægningen paa de større sjøer, er, at disse byder bedre betingelser for vinden til at danne bølger.

Det er imidlertid meget vanskeligt direkte at paavise den indflydelse, som størrelse og form øver paa vore sjøers islægningstidspunkt.

Disse faktors indflydelse paa afkjølingens gang er nemlig af en rent underordnet betydning i sammenligning med den indflydelse, som dybdeforholdene øver. Og da vore større sjøer i almindelighed har et større dyb end de mindre, er denne faktor i næsten alle tilfælde i og for sig selv nok til at forklare, hvorfor den normale islægning indtræder før paa vore mindre og senere paa vore større indsjøer.

Vi vil imidlertid se paa islægningen ved et par sjøer, hvor størrelse og form maa antages at øve en merkbar indflydelse paa islægningstidspunktets indtrædelse.

Møsvatn er, som det vil erindres af de foran anførte lodskud, en meget grund indsjø, og vandet pleier at fryse til omkring 23de november. Dette er imidlertid ca. 3 uger, efterat dagen med lufttemperatur = 0° maa antages at indtræde i den egn af landet. Efter forholdene ved de øvrige af vore grunde indsjøer, og naar vi erindrer, at vandet ligger i en kold egn, synes dette tidspunkt at være en uges tid senere, end hvad vi skulde have ventet. Men Møsvatn er et temmeligt stort vand, og det er tværs over Hammerfjorden 3 km. bredt. Det er saaledes ikke usandsynligt, at den noget sene islægningsdatum kan skyldes vandets form

og størrelse. Denne antagelse bestyrkes, naar vi bemærker, at islægningen pleier at foregaa noget før paa de i nærheden liggende mindre sjøer, som neppe kan antages at have dybdeforhold, som er videre forskellige fra Møsvatnets. Songavatn, som ikke ligger saa langt derfra, islagdes f. eks. 1898 i begyndelsen af november, medens Møsvatn ikke frøs til før 22de november.

Ved Vannsjø ved Moss synes ogsaa størrelse og form at øve nogen indflydelse paa det normale islægningstidspunkt. Islægningen paa denne sjø pleier nemlig at foregaa en uges tid tidligere, end man efter de klimatologiske forhold og dybet skulde have ventet. Vannsjø har en uregelmæssig form med en mængde vik og bugter, saa at sjøen har en lang kystlinie i forhold til størrelsen. Dette kan være en medvirkende årsag til, at afkjølingen kan foregaa saa raskt i denne sjø.

Tunnsjø i Namdalen skal normalt islægges omkring 25de januar. Det er 13 uger, efterat dagen med middeltemperatur = 0° er indtraadt. Selv om vi antager, at sjøen har et betydeligt dyb, synes dette at være et noget længere tidsrum, end vi skulde have ventet. Men sjøen er en af vore største og bredeste indsjøer, og dette kan muligens gjøre sit til, at islægningen indtræder saa sent.

4. Sjøens omgivelser.

Den varmemængde, der kan afgives ved udstraaling, er i væsentlig grad afhængig af den fri udstraalingsflade. Følgelig kan der under forøvrigt lige betingelser ikke foregaa saa sterk udstraaling fra en sjø, der ligger indeklemmt mellem høje fjelde, som fra en med fri beliggenhed.

Afkjølingens gang maa saaledes ogsaa for en del være afhængig af, hvorledes det er med de forskellige sjøers omgivelser.

Ule¹ har ved temperaturmaalingen i tyske indsjøer godtgjort, at omgivelserne kan øve en ganske merkbar indflydelse paa sjøernes termiske forhold.

Islægningstidspunktets indtrædelse skulde følgelig ogsaa kunne antages at være i nogen grad afhængig af sjøens omgivelser. Under forøvrigt lige forhold skulde de sjøer, som er frit beliggende, kunne fryse til paa en noget tidligere datum end de, som ikke ligger frit til.

Omgivelserne maa ogsaa i nogle andre henseender kunne antages at influere paa afkølingens gang. De kan være saadanne, at vinden stadig

¹ Die Temperaturverhältnisse der Baltischen Seen. Verhandlungen des X. Deutsch. Geogr. Tag. Berlin 1893.

dirigeres i en bestemt retning. Dette vil medføre, at der danner sig betydelige og sterke strømme i sjøen, og dette vil igjen have indflydelse paa temperaturforholdene. *Delebecque*¹ har gjort nogle gode iagttagelser herover, og efter denne forfatter skal følgende eksempel hidsættes.

Sjøerne ved Saint-Points og Remoray ligger i nærheden af hinanden og under lige klimatologiske betingelser i samme høide over havet. Gjennemsnittsdybet i Saint-Pointssjøen er 20,5 m. og i Remoraysjøen er gjennemsnittsdybet 12,6 m. Man skulde derfor vente, at den sidstnævnte sjø skulde opvarmes og afkjøles lettere end den førstnævnte. Men dette viser sig ikke at være tilfældet. Flere temperaturmaalinger udviser, at opvarmningen og afkjølingen foregaar i løbet af kortere tid i Saint-Pointssjøen end i den anden. Omgivelserne og formen af sjøerne medfører, at vinden i regelen altid vil dirigeres i en bestemt retning over Saint-Pointssjøen, medens den er meget uregelmæssig over Remoraysjøen. Dette gjør, at man næsten altid vil finde en bestemt strømsætning i Saint-Pointssjøen, og den omstændighed forklarer, hvorfor opvarmningen og afkjølingen kan gaa raskere for sig i denne sjø.

Vi skulde formode, at afkjølingen vilde medtage lidt længere tid, saa at islægningen maatte falde noget senere ved sjøer med saa bratte omgivelser, som f. eks. Tinnsjø, Bandak, Hornindalsvatn m. fl., end den vilde gjøre under forøvrigt lige forhold ved sjøer med saa flade omgivelser som Mjøsen, Randsfjorden, Fæmunden m. fl.

Det vil imidlertid neppe lade sig gjøre direkte at paavise noget saadant. De øvrige faktors indflydelse paa afkjølingens gang vil i almindelighed være saa dominerende i sammenligning med den indflydelse, omgivelserne kan øve, at denne som regel helt vil skjule sig under hin.

5. Nogle øvrige lokale faktorer.

Da vi behandlede vindens indflydelse paa islægningstidspunktet, blev det paapekt, at de af vinden dannede bølger maatte øve en indflydelse paa, hvor raskt afkjølingen kunde gaa for sig i en sjø. Men bølger kan ogsaa dannes paa andre maader. Ved skibsfarten kan der saaledes fremkomme betydelige bølger.

Det er en kjendsgjerning, at isen pleier at lægge sig senere paa de steder, hvor der foregaar en livlig skibsfart, end der, hvor ingen eller liden skibsfart er. Vi behøver blot at pege paa forholdene ved Kristiania havn. For en menneskealder siden hændte det aarvist, at fjorden

¹ Les lacs français, p. 152.

var islagt, ofte helt ud til Steilene; men nu, efterat overfladevandet næsten ikke et øieblik faar være i ro, men stadig sættes i bevægelse af den livlige dampskibsfart, hænder det kun sjelden, at der lægges is paa fjorden.

At islægningstidspunktet vil falde senere ved de steder, hvor vandet saa ustanselig sættes i bevægelse, er ganske forklarligt. Der vil nemlig ske en saa sterk udblanding mellem de øverste lag og de nedenforværende, at afkjølingen maa kunne trænge ned til et ganske betydeligt dyb.

Det er imidlertid kun yderst faa af vore indsjøer, der trafikeres saa sterkt, at skibsfarten kan antages at spille nogen rolle for islægningen.

Det kan være, at trafiken paa Mjøsen og paa de telemarkske indsjøer til sine tider kan have været saa betydelig, at den under gunstige betingelser kan have været en medvirkende aarsag til at forsinke islægningen i nogen tid.

Som vi engang før har paapekt, synes det, som islægningen nu i de senere aar, siden en forøget dampskibstrafik finder sted paa Bandakvandene, pleier at falde paa senere datum, end den gjorde tidligere. Men iagttagelserne herover er imidlertid ikke saa sikre, at vi vover at bygge nogen sikker slutning paa dem.

Nogen udblanding af vandlagene maa der ogsaa foregaa i en sjø, hvor der findes store seiches.

En iagttagelse, som paastaas gjort fra flere steder, er, at islægningen paa dybe sjøer pleier at falde paa et noget senere tidspunkt der, hvor sjøen manøvreres ved en dam. Vi kan ikke statistisk belyse denne iagttagelse, men det er ikke usandsynligt, at saadanne bevægelser, som frembringes paa denne maade, ogsaa kan foraarsage, at vandlagene udblandes, saa at afkjølingen kan trænge længere ned, og islægningen som følge heraf forsinkes noget.

Et forhold, som ogsaa kan tænkes at øve nogen indflydelse paa sjøens islægningstidspunkt, er dens optiske egenskaber. Dens farve og gjennemsigtighed f. eks. vil kunne have nogen indflydelse paa, hvor sterkt udstraalingen kan gjøre sig gjældende.

Disse faktorerers indflydelse paa vore sjøers varmekorhold maa imidlertid antages at være af en saa underordnet betydning, at vi neppe behøver at gaa nærmere ind paa samme.

Vi har nu behandlet alle de faktorer, som kan tænkes at øve indflydelse paa afkølingens gang og det heraf betingede islægningstidspunkt.

Tilslut vil vi punktvis gjentage de væsentligste slutninger, vi er komne til.

- 1°. Det tidspunkt, paa hvilket indsjøerne fryser til, afhænger saavel af meteorologiske som af lokale faktorer.
- 2°. Af de meteorologiske elementer øver lufttemperaturen en dominerende indflydelse paa afkølingens gang og følgelig ogsaa paa islægningstidspunktet.
- 3°. Nogle øvrige meteorologiske elementer: skydækket, nedbøren og vinden har en underordnet indflydelse paa afkølingens gang.
- 4°. I regelen udkræves et hertil gunstigt veir, forat istæppet skal kunne udfoldes saadan, at isen kan blive liggende over større dele af sjøen.

Forsaavidt kan skydækkets, nedbørens og vindens beskaffenhed have indflydelse paa, naar selve islægningsdatoen vil indtræffe.

- 5°. Lufttemperaturen og de øvrige meteorologiske elementer forandrer sig med den geografiske beliggenhed og høiden over havet. Paa grund heraf maa ogsaa islægningstidspunktet forandre sig med den geografiske beliggenhed og høiden over havet, men forøvrigt kan disse faktorer ikke have indflydelse paa, naar sjøen fryser til.
 - 6°. Hvorledes afkølingen kan skride frem i overfladen, er i væsentlig grad afhængig af dybet. Islægningstidspunktet er følgelig ogsaa afhængigt af sjøens dyb.
 - 7°. Nogle øvrige faktorer af lokal art som tilløb, strøm, sjøens størrelse og form, dens omgivelser, samt nogle andre forhold ved indsjøerne, kan øve nogen indflydelse paa afkølingens gang og det heraf betingede islægningstidspunkt.
 - 8°. De sidstnævnte faktorerers indflydelse paa, naar islægningstidspunktet kan indtræde, er ved vore større indsjøer i almindelighed af en meget underordnet betydning.
 - 9°. De samme faktorer øver ved vore mindre sjøer en forholdsvis større indflydelse paa afkølingens gang og følgelig ogsaa paa islægningstidspunktet.
-

Islægningen paa de kolde indsjøer.

Det vil erindres, at vi definerede en kold indsjø som en, der om sommeren ikke opvarmedes til temperaturen for vandets maximum af tæthed.

I sjøer af denne typus vil følgelig altid det varmeste vand findes nederst og det koldere ovenpaa. Før er berørt, at overfladevandet i saadanne sjøer er udsat for meget raskt at kunne afkøles til 0° , og at islægningen af den grund kan ventes naarsomhelst.

Faktorerne, som er bestemmende for afkølingens gang, gjør sig noget anderledes gjældende ved disse sjøer, og det skal derfor her som et eget tilfælde ganske kortelig behandles, hvorledes det er med islægningen paa de kolde indsjøer.

I disse sjøer behøver der ikke at finde sted en udjvningsproces, hvorved det afkølede vand maa fordeles ned til et dybt lag, forinden den videre afkøling af overfladevandet kan foregaa. Hvadenten sjøen er forholdsvis dyb eller grund, kan følgelig ikke være af nogen betydning for, hvor lang tid det vil tage, før afkølingen af overfladevandet er naaet ned til 0° . Islægningstidspunktet er saaledes væsentlig uafhængigt af sjøens dyb.

De meteorologiske elementers indflydelse paa afkølingens gang maa derimod i det store og hele taget antages at være saadan, som vi før har paavist for de øvrige sjøers vedkommende. Dog maa der herved merkes en omstændighed. Vi vil erindre, at der som regel maa være hertil gunstige veirforholde, forat istæppet skal udvikles paa en sjø, som er ifærd med at fryse til. Vi erindrer, at vi forsaavidt maa holde ud fra hinanden de meteorologiske elementers indflydelse under afkølingsperiodens gang og under den sidste fase af denne periode, den, i hvilken selve istæppet udvikles.

Lufttemperaturen øver ligeoverfor de øvrige meteorologiske elementer en dominerende indflydelse paa, hvor raskt afkølingen skrider frem; men alligevel er det af stor betydning for, naar selve islægningstidspunktet kan indtræde, hvordan det er med de øvrige elementer i den tid, da islægningen er forhaanden.

De kolde sjøer har en meget kort afkølingsperiode, og af den grund kan lufttemperaturens indflydelse paa islægningstidspunktet relativt talt ikke være saa stor ved disse sjøer.

Skydække, nedbør og vind er faktorer, hvis indflydelse maa gjøre sig forholdsvis sterkere gjældende her, hvor lagstillingen altid er saadan,

at der kun behøves en meget kortvarig afkøling, forat overfladevandet skal afkøles til 0° .

En iagttagelse fra Dämmevatn vil belyse dette. Vandet var i begyndelsen af august 1898 næsten helt aabent; men da overfladetemperaturen den 2den august kun udgjorde $+ 1.8^{\circ}$ C., var lagstillingen den omvendte.

Den 8de august var overfladetemperaturen 0.9° . Der var den dag klart veir, og luften over vandet naaede en temperatur af $+ 12^{\circ}$. Om aftenen og natten var det fremdeles klart, og minimumstermometeret gik ned til $- 6^{\circ}$. Den følgende morgen var næsten hele vandet islagt. Isen gik imidlertid op igjen ud paa dagen, da der indtraadte regnveir og blæst. Luftens temperatur gik den dag ikke høiere end til $+ 2^{\circ}$, og om natten gik den atter ned under frysepunktet. Den efterfølgende morgen laa der imidlertid ikke nogen is paa vandet, og overfladevandets temperatur var da $+ 0.6^{\circ}$.

Man kan neppe antage, at der havde fundet synderlig opvarmning sted ved insolation eller kontakt med luft, da himmelen var fuldstændig overskyet, og lufttemperaturen ikke naaede høiere end til $+ 2^{\circ}$. Men forklaringen, hvorfor vandets overfladetemperatur kunde stige til $+ 0.6^{\circ}$, maa søges deri, at den herskende sterke vind havde formaaet at blande de overste koldere vandlag sammen med de nedenfor værende varmere. Vinden kunde saaledes, ser vi, forsinke islægningen paa vandet, uagtet store partier af det havde været islagte natten i forveien.

Ved saadanne kolde sjøer, hvor afkølingen af overfladevandet under gunstigt veir kan gaa meget raskt for sig, vil som regel islægnings-tidspunktet falde meget tidlig. Men da der paa denne tid af aaret selv i disse regioner, hvor vi finder de kolde sjøer, hyppig kan indtræde dage med mildt og varmt veir, er det ikke en sjældenhed, at isen brydes op igjen for atter snart at lægge sig, og saaledes kan det gaa gang efter gang.

En isdannelse, som har megen lighed med den ved de kolde sjøer, er den, som *Forel* beskriver som *congélation printanière*¹.

Om vaaren, straks efterat isen er gaaet bort fra indsjørerne, er lagstillingen den omvendte, og der skal saaledes kun en kort afkølingsperiode til, forat overfladevandet paanyt kan afkøles til 0° . Det kan da indtræffe, at temperaturen i løbet af en stille, klar nat synker betydelig ned under frysepunktet, og vi kan saaledes finde, at der har lagt sig nyis.

¹ Arch. sc. ph. et. nat. B. 27, p. 54.

Om dette fænomen ikke er saa ret hyppigt ved vore større indsjøer, saa kjendes det meget godt fra flere mindre sjøer og tjern, men især fra myrer og vaade enge, hvor de unge plantespirer ofte bliver fuldstændig kvalte af en saadan isdannelse — »isbrand«.

I kolde somre vil isen paa vore høifjeldssjøer gaa meget sent op. Hvis ikke opvarmningen er saa stor, at lagstillingen forandres fra den termisk omvendte til den termisk direkte, er det øiensynligt, at afkjølingen af overfladevandet i disse sjøer vil kunne gaa saa raskt for sig, at de islægges meget tidlig, uagtet dybet kan være stort.

En saadan ekstraordinær tidlig islægning er før beskrevet fra flere indsjøer i vort land. Gjentagende gange er Dæmmevatn nævnt. I dette vand, der opdæmmes af en arm af Hardangerjøkelen, har islægning fundet sted allerede i august maaned tiltrods for, at vandet har et dyb af næsten 100 m.

Paa fjeldet mellem Ulvik og Aurland er flere mindre sjøer, som midtsommers har været helt islagte. Paa Taugevatn er der iagttaget is langt ud i august. I Fjærland i Sogn er Troldevatn ofte islagt om sommeren. Det samme er, som før omtalt, tilfældet ved nogle mindre vand i Søndmør.

A. Blytt¹ nævner, at han i 1864 fandt sterk is paa Gjuvvatn under Galdhøerne den 12te september, og at det maa antages, at vandet ikke havde været aabent det aar. Øyen² har omtalt flere saadanne eksempler fra Jotunheimen. Lignende forhold er ogsaa beskrevne fra flere vand paa Lyngenhavvøen.

Alle disse høifjeldssjøer, hvoraf flere støder umiddelbart til en bræ, maa vistnok regnes med til denne type af indsjøerne — de kolde sjøer.

¹ Turistforeningens aarbog 1871, p. 44.

² Nyt Magazin for Naturv. B. 37.

Kapitel 6.

Isens dannelse, vekst og isløsningen.

I foregaaende kapitel er behandlet, hvordan de forskjellige faktorer betinger et tidligere eller sildigere islægningstidspunkt.

Vi vil nu betragte isens dannelse og vekst, og senere skal vi behandle, hvordan de forskjellige faktorer bestemmer tidspunktet for isløsningens indtrædelse.

1. Isens dannelse.

Som enhver anden krystallisationsproces foregaar isdannelsen ved, at udkrystallisationen udbredes fra enkelte faste punkter.

Som saadanne punkter kan strandbredderne, øer og holmer i sjøen, sjøplanter, svømmende legemer, luftblærer o. l. tjene.

Det vil derfor ogsaa i regelen sees, at isdannelsen helst begynder ved strandbredderne, hvor der findes nok af saadanne for udkrystallisationen skikkede punkter.

En udkrystallisation af isnaale, som endnu ikke er helt sammenfrosne til et isdække, men som flyder om i sjøen, benævnes »iskrav«. Som vi har seet i kapitel 3, er iskrav i almindelighed et varsel om, at istæppet vil udbredes i løbet af et par dage.

Efterat udkrystallisationen er begyndt, afhænger det, som før berørt, meget af veirforholdene, hvordan den videre isdannelse vil skride frem. Er veiret stilt, saa at overfladevandet er i ro, og forholdene forøvrigt saadanne, at den ved den fortsatte isdannelse udviklede varme kan føres raskt bort, vil der ofte i løbet af en enkelt nat udvikles et istæppe over store dele af en sjø. Der er foran anført flere eksempler paa en saadan hurtig udfoldning af istæppet. Hvis der derimod indtræder vind, eller hvis vandspeilet bliver sat i bevægelse paa anden maade, vil isnaalene ikke saa let kunne fryse sammen over større strækninger af sjøen.

*Forel*¹ adskiller de forskjellige maader, hvorpaa isnaalene vokser sammen, i to hovedtyper: »*Congélation lamellaire continue*« og »*Congélation discrète; formation de glaçons-gâteaux*«.

¹ Congélation des lacs suisses et savoyardes dans l'hiver 1891, p. 50.

Den første er maaden, hvorpaa islægningen foregaar i stilt veir, og den anden er den maade, hvorpaa der dannes is, naar der er bølger paa sjøen.

Den sidstnævnte type af isdannelse skal beskrives noget nærmere.

Er sjøoverfladen urolig, medens der udkrystalliseres isnaale, vil disse, som berørt, ikke kunne bindes sammen saaledes, at der dannes et udbredt istæppe; men de kan efter Forels iagttagelser bindes sammen til legemer af nogle decimeters tykkelse. Disse islegemer svømmer og følger vandets bevægelser. Herved kommer de ind paa hverandre, og ved stødet afslides kanter og hjørner, saa de antager en linse- eller kageform. De ved stødet afslidte isnaale fryser indbyrdes og med de ved fortsat udkrystallisation nydannede isnaale sammen til en let smuldrende ismasse, som er af en mindre tæthed end iskagerne. Denne ismasse flyder op og lægger sig op paa iskagerne, som herved presses ned under vandspeilet. Der fremkommer følgelig to slags is, en fastere iskage, som ligger under vand, og en ismasse af løsere sort, som flyder ovenpaa.

Efterhvert som iskagen ved fortsat iskrystallisation vokser under vandet, minker isen ovenpaa, idet denne er af mindre fasthed og derfor slides forholdsvis mere under vandets bevægelse. Iskagen vokser i tykkelse og diameter i form af en plankonveks linse — glaçon-gâteau — idet den i sin øverste del beskyttes mod afslidning af den ovenpaa værende ismasse. Forel har iagttaget glaçons-gâteaux med en diameter af op til 3 m. Hvis vandet i sjøen kommer i ro, vil selvfølgelig de dannede iskager samle sig, og et ujevnt isdække bliver da resultatet.

En lignende iagttagelse er engang gjort ved islægning under vind ved Mjøsen; men ellers besidder man ingen underretning om, at saadan islægning pleier at finde sted ved vore indsjøer. Det sædvanlige er, at der kun meget sjelden danner sig is paa vore indsjøer, hvis de er i en saa sterk bevægelse, at mulighed for dannelse af glaçons-gâteaux er tilstede.

Regelen tør være, at de øverste til nul grader afkølede lag under vind blandes sammen med de nedenfor værende, saaledes at der finder en stadig udjævning af overfladetemperaturen sted, uden at nogen udkrystallisation af is kan foregaa.

Foruden af sjøoverfladens bevægelsestilstand er den hurtighed, hvormed istæppet udvikles, ogsaa afhængig af:

Temperaturen i sjøens øvre lag og af, hvor sterkt afkjølingen af overfladevandet foregaar.

Det er øiensynligt, at isen vil have desto lettere for at lægges over store partier paa en sjø, jo lavere temperaturen er i sjøens øvre lag.

Efterat udkrystallisation af is er begyndt, maa nemlig den under den fortsatte isdannelse frigjorte varme med lethed kunne føres bort, hvis isdannelsen skal kunne gaa hurtig og raskt for sig. Hvis der nu er en relativ lav varmegrad i de øvre lag i sjøen, maa varmen lettere kunne afgives, end hvis temperaturen skulde være relativ høi. Det vil i tilfælde af, at temperaturen lige under overfladen er forholdsvis høi, kunne hælde, at opvarmningen ved den under isdannelsen afgivne varme bliver saa betydelig, at udkrystallisationen stanser paa et tidligt stadium, og kun en langsom og svag islægning bliver da resultatet.

Det er ogsaa øiensynligt, at hvis betingelserne for en sterk afkjøling fra overfladen er tilstede, under kold luft og sterk udstraaling f. eks., saa vil ogsaa den under isdannelsen frigjorte varme let kunne føres bort, saaledes, at islægningen maa kunne gaa hurtig for sig.

De erfaringer, vi har fra vore indsjøer, bekræfter dette.

Det er nemlig en kjendsgjerning, som omtales fra flere steder i vort land, at indsjøerne aldrig har saa let for at fryse til, som naar der umiddelbart efter vedvarende storme og uroligt veir eller efter store snefald indtræder sterk kulde.

Under storm og uroligt veir og efter store snefald vil nemlig afkjølingen kunne trænge ned til et forholdsvis betydeligt dyb, og naar derfor sjøoverfladen igjen kommer til ro og bliver afkjølet saa langt, at udkrystallisationen af is kan foregaa, saa vil den ved den fortsatte isdannelse frigjorte varme let kunne føres bort.

Strukturen og udseendet forøvrigt af den nylagte is staar i noie sammenhæng med, hvor raskt islægningen sker. Hvis den sker saa hurtig, at istæppet bliver udbredt over store dele af en sjø i løbet af en stille, kold nat, pleier isen at blive meget tæt, haard og seig. Saadan is kaldes fleresteds *staalis*.

Der fortælles paa flere steder i vort land eksempler paa, hvor seig saadan nyis kan være. Det har saaledes flere gange hændt, at folk har gaaet over vore største indsjøer, Mjøsen og Fæmunden f. eks., paa natgammel is.

Udstrækker derimod udkrystallisationen sig over et længere tidsrum, forinden istæppet udbredes, bliver isen løsere og mindre seig.

Hvis sjøspeilet er fuldstændig roligt under islægningen, bliver den nylagte isflade plan og jevn; men hvis sjøoverfladen er i en svag bevægelse under isdannelsen, antager isen en ujevn og bølget overflade.

Nyis kan være af temmelig forskjellig *farve*, og denne afhænger ogsaa for en væsentlig del af, hvor raskt udkrystallisationen gaar for sig.

2. Isens vekst.

Naar istæppet er udfoldet, vil tykkelsen af isen vokse, efterhvert som afkølingen fortsætter, idet der lidt efter lidt under istæppet vil udkrystalliseres isnaale, der lægger sig paa underste lag af samme.

Is er et for de mørke varmestraaler næsten ganske atermant legeme.

Der kan saaledes ikke ske nogen nævneværdig afkøling af vandet under isen ved udstraaling.

Afkølingen maa foregaa væsentlig derved, at varmen ledes bort gennem islaget til ovenfor værende, koldere luft. Men da isens varmeledningsevne¹ er forholdsvis ringe, kan der i almindelighed heller ikke paa denne maade foregaa nogen forholdsvis rask afkøling af vandet i en tilfrossen sø.

Afkølingen vil bero paa flere faktorer. Først og fremst vil den afhænge af isens tykkelse. Er isen tynd, kan der i hver tidsenhed bortledes en forholdsvis betydelig mængde varme; men hvis isen er tyk, gaar varmeledningen meget langsommere for sig.

Dernæst vil ogsaa afkølingen være afhængig af temperaturen i isens overflade og af temperaturen af vandet under isen.

Isens tykkelsesvekst, som er afhængig af afkølingens gang, er følgelig ogsaa for den væsentligste del afhængig af disse tre faktorer.

Hvis vi antager, at temperaturen i isens overflade er konstant, og at vandet under isen er 0°, er det let nok at udregne, hvor sterkt isen vil vokse fra tid til anden.

Det er i dette tilfælde kun den frigjorte varme, som udvikles ved den fortsatte isdannelse, som skal skaffes bort.

Efter *Kristensen*² skulde der, naar isens konstante temperatur er $= \div t^{\circ}$, til en istykkelse af d cm. være medgaaet:

$$\frac{2 d^2}{t} \text{ timer.}$$

Til eksempel skulde der saaledes under en forudsætning af $\div 20^{\circ}$ s temperatur i overfladen og vand af 0° under isen medgaa ca. 6 uger til dannelse af 1 m. tyk is, hvorimod et lag paa 0.5 m. under samme forudsætninger vilde kunne dannes i løbet af halvanden uges tid.

¹ Efter Mitchell = 0.005. Proc. Roy. Soc. Edinburg 1885—86, p. 592.

² *Kristensen*: Oversigt over Isens fysiske Egenskaber, S. 243. Nyt Tidsskrift for Fysik og Kemi, B. II. Kjøbenhavn 1897.

Man vil imidlertid neppe i virkeligheden nogensinde træffe et saadant tilfælde, hvor disse forudsætninger finder sted.

Isens overfladetemperatur vil i regelen variere ganske betydelig, og temperaturen af vandet under isen er oftest noget højere end 0° .

En matematisk behandling af opgaven, naar man antager isens overfladetemperatur at variere mellem to sandsynlige grænser, kommer derfor virkeligheden nærmere end den ovenfor anførte beregning. Stefan¹ har under forudsætning af variabel temperatur givet problemet en matematisk løsning. I Stefans arbeide tages der imidlertid væsentlig sigte paa forholdene i havet, hvor isdannelsen finder sted under betingelser, som er noget anderledes end ved en indsjø, hvorfor vi ikke her skal opholde os nærmere ved dette. Vi skal kun merke os et par resultater.

Der godtgjøres saaledes, at selv om temperaturen i overfladen antages at synke fra tid til anden i løbet af vinteren, vil isens tilvekst endog i polarhavene ikke være ens pr. tidsenhed, men den vil aftage mere og mere, eftersom islagets tykkelse øges.

Den sterkeste vekst maa saaledes finde sted i den første tid, efterat istæppet har bredt sig ud, senere hen maa isens vekst pr. tidsenhed i det hele taget stedse aftage. Af dette følger, at der er en bestemt grænse for den tykkelse, som isen kan naa i løbet af en vinter. Stefan kommer til det resultat, at isen i polarhavene i løbet af en arktisk vinter vil kunne blive omkring 2 m. tyk.

Denne grænse stemmer meget godt med en iagttagelse fra Dæmmevatn. Her blev nemlig foretaget en del maalinger af istykkelsen i løbet af vinteren 1899—1900, og den største iagttagne istykkelse var 1,9 m. Vinteren betegnes i de egne af landet af lokalkjendte som meget streng.

Der er foran i kapitel 3 meddelt enkelte iagttagelser fra maalinger af isens tykkelse paa vore indsjøer.

Det vil erindres, at saadanne maalinger har været foretagne ved Vannsjø, Bandak og Seljordsvatn.

Af disse iagttagelser fremgaar, at den største aarlige istykkelse har været noget forskjellig i de forskjellige aar og ved de forskjellige sjøer.

I løbet af de 8 sidste aar har den største aarlige tykkelse af isen paa Vannsjø varieret mellem 0,31 m. og 0,57 m. og omtrent mellem de samme grænser ved Seljordsvatn.

I de aar, der har ligget fast is paa Bandak, har istykkelsen her gjennemgaaende været noget mindre, men dog op til ca. 0,4 m.

¹ J. Stefan: Ueber die Theorie der Eisbildung, insbesondere über die Eisbildung im Polarmeere.

Ved kanalvæsenet blev der i løbet af vinteren 1891—92 foretaget maalinge af istykkelsen ved flere af vore indsjøer. Den største tykkelse, som isen paa Mjøsens centrale parti naaede det aar, var 0.37 m., tykkelsen af isen paa Øieren blev det aar 0.43 m., paa Randsfjorden 0.45 m., paa Bandak 0.31 m. og paa Norsjø 0.31 m.

Paa et vand, Stordalsvatn, som ligger i en høide af 450 m. o. h. paa fjeldet mellem Sogn og Masfjorden, blev der i løbet af vinteren 1900 foretaget en del maalinge af istykkelsen. Efter velvillig meddelelse fra afdelingsingeniør Jenssen blev den største tykkelse af isen fundet at være 0.75 m. Vinteren 1900 betegnes som meget streng i de egne af landet, og man tør vel derfor anse den iagttagne istykkelse som nær en maximumsgrænse. En istykkelse af 0.7 m. er ogsaa i april maaned 1901 iagttaget paa Møsvatn (902 m. o. h.)¹.

Vi ser, som vi kunde vente, at isen bliver noget tykkere paa de sjøer, som ligger under et strengt vinterklima, end paa dem, hvor vinterklimaet er mildere. Men som det fremgaar af maalingerne, er der ikke nogen særdeles betydelig forskjel paa istykkelsen, og dette er rimeligt, naar man tager i betragtning, hvad foran er udledet angaaende istykkelsens indflydelse paa isens tilvekst.

Isen paa en sjø vil nemlig i almindelighed i løbet af en eller et par maaneders tid have naaet en saa stor tykkelse, at den videre vekst vil gaa saa langsomt for sig, at tilveksten i løbet af den tid, som da er igjen af vinteren, kun vil være af forholdsvis underordnet betydning i sammenligning med den tykkelse, isen allerede da har naaet.

Der vil desuden være endnu en omstændighed, som bidrager sit til, at isens tilvekst pr. tidsenhed bliver mindre og mindre, efterhvert som vinteren skrider frem. I regelen vil der nemlig lægge sig sne paa isen, og i almindelighed vil ogsaa snelaget vokse i tykkelse i vinterens løb. Varmen i vandet under isen vil saaledes ogsaa af denne grund have desto vanskeligere for at ledes bort, jo længere det lider ud paa vinteren.

Hvor sterkt isen tiltager i den første tid, efterat en sjø er tilfrossen, og hvor langsomt tilveksten i sammenligning hermed foregaar senere ud paa vinteren, fremgaar af nogle iagttagelser af istykkelsen paa Seljordsvatn. Paa dette vand har nemlig kanalvæsenet i flere aar ladet foretage noksaa regelmæssige ismaalinge. Af disse skal meddeles nogle:

I 1895 islagdes vandet 13de januar. 23de januar var isen 20 cm. tyk, 15de febr. 37 cm. tyk, 1ste mars 39 cm., 15de mars 39 cm., 4de april 38 cm., 24de april fandt isløsningen sted.

¹ Sml. de maalinge, som er foretagne paa finske indsjøer i 1891: *A. Heinrichs*: »Snö och isförhållandena i Finland 1891«, Helsingfors 1893.

I 1896 var isen den 23de februar kun 8 cm. tyk, men allerede den 28de s. m. var den 25 cm., 1ste mars 30 cm., 8de mars 32 cm., 14de mars 35 cm., 29de mars 39 cm.; 12te april løsenede isen.

I 1898 var isen den 8de mars kun 8 cm., den 13de s. m. 12 cm., 20de s. m. 20 cm., 27de s. m. 20 cm., 1ste april 21 cm., 5te april 20 cm.

I 1900 var isen den 11te februar 15 cm., 18de februar 30 cm., 25de s. m. 30 cm., 11te mars 32 cm., 18de mars 35 cm., 1ste april 35 cm., 5te april 36 cm. 4de mai fandt isløsningen sted.

Isen har i alle disse 4 aar, ser vi, vokset forholdsvis raskt i begyndelsen; men længere ud paa vinteren har veksten kun gaaet forholdsvis meget langsomt for sig. Dog vil vi se, at isen aarlig har tiltaget noget i tykkelse i lang tid udover vinteren.

En del maalinge af istykkelse paa nogle mindre indsjøer ved Røros ved juletider 1900 er velvilligst meddelte af stud. real. Gunnar Holmsen. Efter 14 maalinge var isen gennemsnitlig 35 cm. tyk den 19de december, 48 cm. tyk den 2den januar, og 51 cm. tyk den 9de januar. Vi ser, at den i løbet af 13 dage fra 19de december til 2den januar har vokset 13 cm., i løbet af de følgende 7 dage tiltog den derimod kun 3 cm. i tykkelse. Disse iagttagelser viser følgende ogsaa, at veksten aftager, eftersom tiden skrider frem.

Af ismaalinge paa Seljordsvatn fremgaar det, at isen aar om andet tiltager i tykkelse indtil den sidste del af mars maaned, ja i 1900 har den endog vokset til lige ud i april. Hvis man efter iagttagelserne af isens største aarlige tykkelse udregner gennemsnittet af de datoer, hvorpaa isen de forskjellige aar havde sin største tykkelse, vil man finde, at der i løbet af 11 aar gennemsnitlig har ligget tykkeste is paa Seljordsvatn den 23de mars. Den gennemsnitlige isløsningsdatum for Seljordsvatn er 22de april, og følgende pleier isen at vokse lige til ca. 4 uger, før isløsningen finder sted.

Af de før meddelte maalinge af istykkelsen paa Bandak fremgaar det ogsaa, at isen der pleier at vokse til lige ud paa vaarparten. Saaledes sees, at isen den 5te april 1897 naaede en tykkelse af indtil 36 cm., og allerede ved udgangen af maaneden fandt isløsningen sted. Den 4de april 1899 var isen gennemgaaende over 30 cm. tyk; ca. 14 dage efter var vandene helt isfri o. s. v.

En iagttagelse fra Mjøsen bekræfter ligeledes, at isen maa vedblive at tiltage i tykkelse lang tid udover. I 1899 fandt man nemlig saa sent som 27de april, at isen lige nedenfor Storhammar havde en tykkelse af 48 cm., og kun 14 dage efter var sjøen isfri paa dette sted.

Vistnok er dette ikke saadan at forstaa, at isen er i jevn vekst stund efter stund hele tiden udover. Det er sandsynligt, at den i enkelte dage tiltager forholdsvis mere end i andre. Den kan kanske holde sig rent uforandret nogle dage, og det kan jo ogsaa være en mulighed for, at den enkelte dage under mildt veir kan minke noget. Herom foreligger imidlertid ikke saa sikre iagttagelser, at nogen bestemt formening tør udtales.

Men naar der bortsees fra disse mindre ujevnheder under veksten, maa det visselig i sin almindelighed antages, at isen paa vore indsjøer pleier at tiltage i tykkelse udover hele vinteren lige til ud paa vaarparten.

Dette er kun, som vi kan vente det, naar vi tænker paa, hvordan det forholder sig med temperaturforandringen i en sjø, hvorover der ligger et istæppe.

For at udrede dette spørgsmaal vil vi forudsætte, at det normale forhold er saadan, at isens overfladetemperatur hele vinteren gennem har en jevn gang, der omtrentlig følger lufttemperaturens normale forløb. Hvis vi under denne forudsætning først vil antage, at is er et fuldstændig atermant legeme, kan vi neppe tænke os, at nogen anden temperaturforandring end en afkøling finder sted i sjøen.

Opvarmning af vandet under isen kan der under denne forudsætning vel neppe blive tale om. Insolationen kan ikke virke gennem et atermant legeme, og varmetilførsel ved ledning gennem is kan naturligvis ikke finde sted.

Den eneste varme, som afgives til vandet, skulde være den, som frigjøres ved isdannelsen; men denne varme maa stadig kunne føres bort, saalænge som isens overflade er under nul grader. Naar isoverfladen ud paa vaarparten har en temperatur nær nul grader, vil den ved isdannelsen frigjorte varme være meget ringe, idet isen da ikke længere vil kunne vokse i nogen betydelig grad.

Efter den forudsætning, at is er et atermant legeme, skulde vi følgelig vente, at vandet under isen i det hele taget vil afkøles saalænge, som isens overfladetemperatur var under nul grader, og skulde det være rimeligt at antage, at isen normalt vedbliver at vokse til henimod den datum, hvorpaa luftens daglige middeltemperatur gik op til 0° .

Imidlertid holder ikke den antagelse, at is er et fuldstændig atermant legeme, ganske stik. Flere forfattere har nemlig ved temperaturmaalinger godtgjort, at der virkelig undertiden kan ske en opvarmning under et isdække i en sjø. *Forel*¹ har beskrevet saadanne iagttagelser

¹ Températures lacustres (Arch. sc. ph. nat., 3 période B. 4, p. 98). La température des lacs gelés. Comp. rend. B. 90, p. 323.

fra Lac de Morat. *Richter*¹ nævner ogsaa, at han har iagttaget temperaturforøgelser under isen i en tilfrossen sø, og *Delebecque*² beskriver lignende iagttagelser.

Men om vi saaledes ikke kan antage, at is er et fuldstændig atermant legeme, saa vil dog i regelen den opvarmning, som kan finde sted gennem isen, være saa ringe, at den kun spiller en underordnet rolle i en tilfrossen søs temperaturforhold.

Ialfald tør vi vel trygt gaa ud fra, at det i almindelighed først kan være ud paa vaaren, at insolationen her i vort land skal kunne virke saa sterkt, at en opvarmning af vandet under isen kan finde sted.

Temperaturforholdene i vore islagte søer maa folgelig antages at være saadanne, at der ikke finder nogen væsentlig opvarmning sted, saalænge der ligger is.

Men saalænge, som der kan afgives varme fra isoverfladen til ovenforværende kold luft, maa der kunne bortledes varme gennem isen. Folgelig skulde vi kunne antage, at der normalt kan foregaa en afkjøling af vandet under et isdække hele vinteren gennem lige til ud paa vaarparten.

De iagttagelser, at isen paa vore indsjøer pleier at tiltage i tykkelse i lang tid udover, er saaledes i fuld overensstemmelse med de slutninger, man teoretisk kan udlede angaaende temperaturforholdene i en islagt sø.

3. Isløsningen.

Naar der føres saa megen varme til overfladen af en islagt sø, at temperaturen gaar op til nul grader, vil isen begynde at smelte. Hvis der, efterat smeltningen er begyndt, stadig tilføres mere varme, end der afgives, vil smeltningen fortsætte. Islaget maa i saa fald stadig aftage, og tilslut maa isen helt forsvinde.

Afsmeltningen maa, hvis isen er i ro, væsentlig foregaa fra overfladen. Selv om det kan antages, at nogen opvarmning af vandet under isen finder sted ved insolation, saa kan det alligevel neppe tænkes, at der i almindelighed kan foregaa nogen nævneværdig afsmeltning fra isens underflade. Lagstillingen vil nemlig i en tilfrossen sø altid være saadan, at det koldeste vand maa befinde sig nærmest under isen, og om vandet her holder nogen varmegrad, vil det snart afkjøles derved, at smeltningen udkræver varme. Hvis vandet under isen er i ro, vil det af den grund ikke længe have nogen varme tilovers til fortsat smeltning.

¹ Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen, p. 196.

² Les lacs français, p. 170.

Anderledes forholder det sig imidlertid, hvis der er strøm i sjøen. I dette tilfælde kan det antages, at vand, der holder nogen varme, stadig kan føres op under isen og saaledes formaa at smelte en forholdsvis større mængde af samme.

Ved insolation optages, som før nævnt, næsten alle mørke straalere, som trænger ind i isen. Dette gjør, at isen fra overfladen nedover saa langt, som varmestralerne formaar at trænge ind, bliver løsere og løsere, jo sterkere insolationen har virket, idet den is, som er bindemiddel mellem de fastere isnaale, vil smelte.

Hvis der efter en saadan insolation følger en sterk afkøling ved udstraaling, vil ispartiklerne atter bindes sammen. Udsættes isen paanyt for insolation, vil den imidlertid igjen blive løsere for atter at blive fastere ved en ny afkøling.

En saadan stadig vekslende optøen og tilfrysning maa antages delvis at kunne bevirke den strukturforandring, som ud paa vaaren finder sted i isen. Vaarisen pleier i regelen altid at være løsere og mindre seig end isen om vinteren. Uagtet isen om vaaren kan have en betydelig tykkelse, har den da, som almindelig kjendt, en meget ringe bæreevne.

Der findes nok af eksempler paa, at man har traadt igjennem 30—40 cm. tyk vaaris.

Foruden ved insolation modtager isen ogsaa varme ved ledning fra luften samt ved varm nedbør.

I hvor høi grad disse varmekilder vil kunne gjøre sig gjældende, vil selvfølgelig først og fremst være afhængigt af veirliget; men det vil ogsaa for en del afhænge af nogle andre forhold, saaledes f. eks. af, hvorvidt der findes sne eller andre legemer oppaa eller i isen, og af isens farve, struktur o. l.

Naar der er smeltet saa meget bort af isen, at den er helt forsvundet paa enkelte steder, indtræder isløsningen.

Tidspunktet for isløsningen paa en sjø regner vi saaledes at indtræffe, naar der paa enkelte steder begynder at vise sig aabent vand.

Den tid, som medgaar til afsmeltningen af isen, er afhængig af den varmemængde, som tilføres og optages i isen, og er videre afhængig af isens tykkelse og dens struktur. Varmemængden var afhængig af baade meteorologiske og lokale faktorer.

Følgelig er ogsaa isløsningstidspunktet ligesom islægningstidspunktet afhængigt af saavel meteorologiske som lokale forhold.

Vi skal nu undersøge, i hvilket forhold isløsningstidspunktet staar til disse forskjellige faktorer.

I. Meteorologiske faktorer.

A. Lufttemperaturen.

Da luftens daglige middeltemperatur er et maal for, hvor megen varme der ved ledning kan afgives til isen, saavel som ogsaa en funktion af, hvor sterkt insolationen gjør sig gjældende, er det indlysende, at isløsningstidspunktet maa staa i nøie forhold til lufttemperaturens gang.

For at faa rede paa, i hvilken grad dette forhold gjør sig gjældende, vil vi atter betragte de grafiske fremstillinger paa plancherne bag i bogen.

Først skal den planche betragtes, som fremstiller lufttemperaturens gang i de forskjellige aar ved Granheim. Paa denne er, som det vil erindres, den tid, Slidrefjorden var islagt, afsat med blaa farve. Vi ser, at isløsningen falder nær det normale tidspunkt, 15de mai, i de aar, hvori lufttemperaturen har været normal om vaaren. Saaledes f. eks. i 1871, 72, 73, 74, 76, 80, 83, 89, 90, 95.

I de aar, lufttemperaturens gang har været under det normale, er isløsningen indtruffet sent, og jo koldere det har været om vaaren, desto senere har Slidrefjorden gaaet op. I 1877, 79, 81, 84, 85, 88, 98 og 99, i hvilke aar isløsningen indtraadte sent, har vaaren i samtlige aar været koldere end normalt.

I samtlige de aar, isløsningen indtraf tidlig, som i 1875, 78, 82, 87, 93, 94 og 96, har vaaren været varmere end normalt.

Vi ser saaledes, at der er en nøie sammenhæng mellem isløsnings-tidspunktet og lufttemperaturens gang, saaledes som denne fremgaar af maanedsmidierne.

Et sandere billede af lufttemperaturens gang faar man af de grafiske fremstillinger af temperaturens forandring fra dag til dag.

Vi vil derfor mere nøiagtig kunne iagttage isløsningstidspunktets afhængighed af lufttemperaturens gang, hvis vi betragter de grafiske fremstillinger af den daglige lufttemperatur ved Mjøsen.

Ser vi paa disse, falder det i øinene, hvor liden forandring der i det store og hele taget er i temperaturen fra dag til dag i vaarmaanederne i sammenligning med, hvad der er tilfældet om vinteren. Derfor kan vi ogsaa ved at betragte kurverne i regelen angive en bestemt dag som det omtrentlige tidspunkt, hvorpaa lufttemperaturen i de forskjellige aar gik over fra kulde- til varmegrader. Fra dette tidspunkt kan vi i de forskellige aar regne vaarens indtrædelse. Normalt indtræffer det ved Hamar den 5te april, ved Eidsvold den 4de april og ved Lille-

hammer den 3die april. For Mjøsegnene i sin almindelighed kan vi følgelig sætte tidspunktet til 4de april.

Den midlere datum, naar isløsningen paa den centrale del af Mjøsen er begyndt, er 22de april. For den nordligste dels vedkommende kan vi sætte den normale isløsningsdatum til den 6te mai, og det tidspunkt, hvorpaa hele sjøen er bleven helt isfri, falder gennemsnitlig paa den 11te mai.

Følgelig skulde det normale forhold være, at isløsningen pleier at begynde 18 dage, efterat dagen med middeltemperatur = 0° er indtraadt. I maaned efter denne datum skulde isløsningen i den nordlige del af sjøen finde sted, og 37 dage efter dagen med nul graders temperatur skulde sjøen være helt aaben.

Det kommer ikke her med i betragtning, at sjøen ikke er helt islagt hvert aar. Thi som vi har seet, skyldes dette den omstændighed, at Mjøsen er en overmaade dyb indsjø. Isløsningen er derimod væsentlig uafhængig af sjøens dyb, og følgelig maa vi her kunne se bort fra denne lokale omstændighed og kun tage med i betragtning de aar, hvori sjøen har været helt tilfrossen.

Vi vil først se paa, hvorledes forholdet mellem tidspunkterne for isløsningen og lufttemperatures gang har været i hvert af aarene siden 1871.

I 1871 var temperaturen om vaaren ujevn. Den gik allerede 5te mars op; men senere gik den ned igjen langt under nulpunktet. At angive en bestemt datum for, naar vaaren indtraadte det aar, lader sig neppe gjøre; men efter den kurve, som betegner maanedsmidierne, kan vi sige, at vaaren, gennemsnitlig seet, indtraadte i den sidste del af mars, og følgelig nogen tid før normalt.

Isløsningen begyndte 7de april 5: 15 dage før den pleier at finde sted. April var derimod gennemsnitlig koldere end normalt, og dette forklarer, hvorfor det i 1871 varede over en maaned mellem, at isen begyndte at løsne, og at sjøen blev isfri.

I 1872 var sjøen ikke islagt uden i den nordligste del. Her foregik isløsningen noget senere end normalt. Men ved at betragte temperaturkurven sees, at den første del af mai holdt sig kold. Saasart som temperaturen gik op igjen, gik ogsaa isen.

I 1873 var heller ikke sjøen helt islagt. Men saa langt syd som mellem Hamar, Næs og Gjøvik laa der is. Denne løsnede 7de april, følgelig ca. 2 uger før normalt. Lufttemperaturen gik allerede i de sidste dage af mars op over nul grader, og vaaren indtraadte saaledes det aar 1 uges tid før normalt. Vi skulde dog neppe have ventet, at isløsningen

havde indtraadt fuldt saa tidlig det aar, hvis ikke lufttemperaturen med en gang havde gaaet høit op over nul grader. April var ellers gjennemsnitlig normal, og i den nordligste del løsnede isen til normal tid.

I 1874 var der kun is paa Mjøsens nordligste del. Denne gik det aar op noget senere end normalt. Men dette kan let forklares, naar vi bemærker, at lufttemperaturen gik ned i sidste del af april og holdt sig lav helt til den 10de mai. Saa snart som temperaturen atter steg, indtraadte isløsningen.

I 1875 indtraf dage med temperatur over nul grader ved udgangen af mars, følgelig nogle dage før end normalt. Vi skulde efter dette have ventet, at isløsningen ogsaa vilde have fundet sted nogle dage før normalt. Saa var imidlertid ikke tilfældet. Temperaturen gik i den sidste halvdel af april ned, og den holdt sig omkring den 20de april endog i løbet af 3 dage under nulpunktet. Først i begyndelsen af mai gik den op igjen, og da indtraadte isløsningen.

I 1876 gik temperaturen op over nulpunktet i de første dage af april. I begyndelsen af maaneden holdt den sig forholdsvis meget høi; men omkring midten af maaneden var der nogle kolde dage, som forsinkede issmeltningen, saa at sjøen det aar ikke gik op før 1 uges tid senere, end den gjennemsnitlig pleier.

I 1877 var der meget sen vaar. Først 26de april gik temperaturen over til varmegrader, og efter den tid holdt den sig ogsaa længe lav. Mai maaned havde endog en middeltemperatur, som ikke var høiere end den temperatur, april ofte har. Isløsningen er det aar, ser vi, ogsaa meget sen. Først 18de mai løsnede isen paa den centrale del af sjøen, og ikke før 23de mai var sjøen isfri ved Lillehammer.

I dette aar kommer det saaledes særlig godt tilsyne, i hvor væsentlig grad lufttemperaturens gang bestemmer tidspunktet for isløsningens indtrædelse.

Lufttemperaturen var i 1877 saadan, at april var, som mars ellers pleier at være, og mai var næsten som april ellers. Og som følge heraf, ser vi, at isløsningen ikke fandt sted før saa langt ud i mai, som den ellers pleier at indtræffe i april.

I 1878 var Mjøsen ikke helt tilfrossen. I den nordlige del fandt isløsningen sted, da der blev nogen varme i veiret i de første dage af mai.

I 1879 steg temperaturen over nulpunktet i de første dage af april, men gik senere i maaneden atter ned igjen. Først i midten af maaneden begyndte der for alvor at komme varme i veiret. Isløsningen foregik i de sidste dage af april. Følgelig ser vi, at vaarens indtrædelse og isløsningen det aar var noget senere end normalt.

I 1880 laa der ingen is søndenfor Ringsaker. Lufttemperaturen var om vaaren noget for høi, og derfor skede ogsaa isløsningen noget før, end den pleier.

Vaaren 1881 var baade kold og sen. Først ved udgangen af april gik temperaturen op over nul grader. Isløsningen skede ogsaa i forhold hertil, idet isen ikke løsnede før 25de mai. Først i begyndelsen af juni var den helt borte.

I 1882 var der kun is paa Mjøsens nordre del. Temperaturen var gjennemgaaende normal i løbet af vaaren, og isen løsnede til normal tid.

I 1883 gik temperaturen op over nulpunktet ca. 10de april, og følgelig indtraf vaaren nogle dage senere end normalt. Isløsningen fandt ogsaa sted nogle dage senere end normalt, nemlig den 1ste mai. Isen gik helt væk ved opgaaende temperatur 9de mai, og samme dag skede ogsaa isløsningen paa Randsfjorden.

I 1884 var der kun is paa Mjøsen nogen tid i februar og mars. I isen var der hele vinteren enkelte aabninger. Isen paa den centrale del løsnede, da temperaturen gik op i begyndelsen af mars. Der lagdes atter is; men da temperaturen et par dage efter midten af mars gik høit op, løsnede isen paanyt i den centrale del. Aprils temperatur var det aar normal; men i begyndelsen af mai var der koldt veir, og dette maa antages at være aarsagen til, at isen paa nordenden ikke løsnede, før temperaturen var gaaet op ved midten af maaneden. Et par dage før var Randsfjorden gaaet op.

I 1885 var temperaturen ujevn om vaaren. Men maanedstemperaturen var saavel i mars som i april normal, saa vi vel kan opfatte det, som om vaaren indtraadte omtrent normalt. Isløsningen skede ogsaa omtrent normalt. Da veiret holdt sig koldt i den første del af mai, blev den nordlige del af sjøen ikke isfri før den 10de mai. Randsfjorden var da gaaet op et par dage før.

I 1886 indtraadte dagene med varmegrader 23de mars, altsaa ca. 10 dage tidligere end normalt. Isløsningen fandt i forhold hertil ogsaa sted nogen tid før det vanlige. Ogsaa i nordenden af sjøen gik isen tidlig bort, da temperaturen holdt sig normal i løbet af hele april. Randsfjorden gik op paa samme dag, som isløsningen skede i den nordlige del af Mjøsen, 27de april.

I 1887 var ikke hele Mjøsen islagt. I den nordlige del fandt isløsningen sted, idet lufttemperaturen gik høit op omkring midten af mai.

I 1888 var der baade sen og kold vaar. Temperaturen gik ikke op over nulpunktet før omkring den 20de april. Isløsningen fandt i forhold hertil sted 9de mai. I nordenden gik isen ikke bort, før der var kommen

megen varme i veiret omkring 20de mai. Ogsaa dette aar foregik isløsningen i den nordlige del af Mjøsen og Randsfjorden omtrent samtidig.

I 1889 gik temperaturen betydelig op i slutten af mars; men vi kan dog ikke sige, at vaaren indtraadte, før temperaturen gik over nulpunktet nogle dage før midten af april. Isløsningen fandt ogsaa sted i forhold hertil noget senere end vanligt, nemlig den 30te april. I nordenden løsnede ogsaa isen noget senere end normalt, nemlig den 12te mai; nogle dage før var isen gaaet op paa Randsfjorden.

I 1890 indtraf vaaren usedvanlig tidlig. Allerede 11te mars gik temperaturen op over nulpunktet, og senere holdt den sig gjennemgaaende høit. Isløsningen skede ogsaa usedvanlig tidlig, idet isen allerede begyndte at løse i de første dage af april. I denne maaned holdt imidlertid temperaturen sig ikke høiere end normalt, og derfor kan det forstaaes, at isen paa den nordlige del af Mjøsen og Randsfjorden ikke løsnede før efter opgaaende temperatur i de første dage af mai.

I 1891 laa der ingen is paa den sydlige del af Mjøsen. Isløsningen i nordenden fandt sted til normal tid. Saavel mars som april og den første tid af mai havde omtrent normal temperatur. Randsfjorden gik det aar op nogle dage senere.

I 1892 blev der varmegrader i luften ved udgangen af mars, og isløsningen indtraf i forhold hertil en uges tid før vanligt. I nordenden af Mjøsen og paa Randsfjorden gik isen ogsaa bort nogen tid før normalt.

I 1893 var temperaturen om vaaren noget vekslende; men om det aar maa vi sige, at vaaren indtraadte noget før normalt. Efter 2den april var der, som vi ser, væsentlig dage med varmegrader. Isløsningen fandt sted den 12te april, altsaa et par dage før den fandt sted i 1892. Men som vi ser af den grafiske fremstilling, holdt temperaturen sig baade i mars og april noget høiere i 1893, og efter dette indtraf, som vi kan vente, isløsningen lidt før det aar. Den nordre del af Mjøsen ligesom Randsfjorden gik ogsaa op nogen tid før normalt.

I 1894 var ikke hele sjøen islagt. I nordenden løsnede isen paa samme tid som paa Randsfjorden, 1 uges tid før normalt.

I 1895 var vaartemperaturen i det hele taget normal, men den var meget vekslende. Vi ser, at temperaturen gik betydelig op i sidste del af mars; men først omkring 10de april kom der nogen egentlig varme i veiret. Gjennemsnitlig betragtet, kan vi sige, at vaaren indtraadte omtrent til normal tid. Isløsningen foregik ogsaa paa det normale tidspunkt, saavel paa den centrale som paa den nordlige del af Mjøsen og paa Randsfjorden.

I 1896 laa hele Mjøsen kun en kort tid i januar. Isen paa den centrale del gik væk under høi temperatur sidst i maaneden. I den nordlige del af sjøen blev isen liggende, og her løsnede den samtidig med, at ogsaa Randsfjorden, noget før normalt, gik op. Aarsagen hertil, ser vi, maa søges i den gjennemgaaende noget høiere end normale apriltemperatur.

I 1897 var temperaturen i april fra dag til dag meget jevn. Den 6te gik den over fra kulde- til varmegrader. Isløsningen fandt sted 5 dage senere end normalt. Man kunde vistnok have ventet den et par dage før, hvis temperaturen den 23de ikke var gaaet noget ned og veiret da ikke havde holdt sig koldt et par dage. I nordenden løsnede isen et par dage senere end normalt, hvilket ogsaa maa antages at komme af, at veiret holdt sig lidt koldt i begyndelsen af mai.

I 1898 var der ikke is søndenfor Biri. Vaarmaanedernes temperatur holdt sig omtrent normal. Derfor ser vi ogsaa, at isen i den nordlige del af sjøen gik bort til normal tid. Isen paa Randsfjorden løsnede et par dage før.

I 1899 var der sen og kold vaar. Temperaturens gang var noget ujevn, men egentlig over nulpunktet gik den ikke før over midten af april, omkring den 20de. I begyndelsen af mai gik den atter ned til nulpunktet, og derfor blev der ogsaa, som ventelig kan være, sen isløsning det aar. Ikke før temperaturen atter gik op henimod midten af mai, den 10de, begyndte isen at løse. Men isløsningen gik fort det aar, efterat temperaturen i midten af maaneden med ét steg over $+ 10^{\circ}$; allerede 6 dage efter var isen væk i den nordlige del af sjøen. Paa Randsfjorden, der, som vi har seet, pleier at gaa op samtidig med den nordlige del af Mjøsen, indtraf isløsningen nøiagtig paa samme datum, 16de mai.

Mellem temperaturens gang i vaarmaanederne og isløsningstidspunkterne har der følgelig i alle disse aar vist sig endnu nøiere sammenhæng end, hvad der kom tilsyne, da vi betragtede den grafiske fremstilling af maanedsmidierne ved Granheim.

Saa vel hvad der er udtrykt ved kurvernes abscisse, nemlig tidsrummet, efterat temperaturen er gaaet op over nulpunktet, som hvad ordinaten er et udtryk for, nemlig, hvor høit oppe temperaturen har holdt sig i dette tidsrum, har hver for sig havt betydning for isløsningstidspunktets indtrædelse.

For at faa endnu bedre oversigt over forholdet mellem temperaturs gang og isløsningstidspunktet er følgende tabel udarbejdet. I denne vil det findes, hvor mange dage senere eller tidligere end normalt vaaren indtraf de forskjellige aar. Antal dage for tidlig er betegnet med $+$, antal dage for sent ved \div . Ved siden af findes, hvordan isløsningen indtraadte i de forskjellige aar i forhold til, hvad der gennemsnitlig pleier at finde sted.

I den 4de rubrik er anført april middeltemperaturs afvigelse fra det normale, og i de to sidste rubrikker er isløsningsdatoerne for Mjøsens nordlige del og Randsfjorden angivne.

Aar	Vaarens indtrædelse for $(+)$ eller efter (\div) normalt, 4de april.	Isløsnings-tidspunktets indtrædelse for $(+)$ eller efter (\div) , hvad der gennemsnitlig finder sted.	Antal dage mellem dagen med gennemsnitstemperatur $= 0^{\circ}$ og isløsningstidspunktet.	April gennemsnitstemperaturs afvigelse fra det normale.	Isløsning paa Mjøsens nordlige del.	Isløsning paa Randsfjorden.
	Antal dage	Antal dage		Grader		
1871	$+$ 12	$+$ 15	14	\div 1.5	10de mai	—
1873	$+$ 7	$+$ 15	12	$+$ 0.8	4de mai	—
1875	$+$ 3	\div 10	30	$+$ 0.5	9de mai	—
1876	$+$ 1	\div 5	23	\div 0.3	8de mai	—
1877	\div 23	\div 26	22	\div 3.3	22de mai	—
1879	\div 11	\div 8	15	\div 1.4	6te mai	—
1881	\div 23	\div 32	28	\div 4.8	6te juni	—
1883	\div 6	\div 8	20	$+$ 1.1	9de mai	9de mai
1885	$+$ 2	$+$ 2	18	$+$ 0.2	10de mai	8de mai
1886	$+$ 10	$+$ 14	14	$+$ 0.8	27de april	28de april
1888	\div 16	\div 17	19	\div 3.0	20de mai	17de mai
1889	\div 9	\div 8	17	$+$ 1.1	12te mai	9de mai
1890	$+$ 23	$+$ 20	21	$+$ 1.1	4de mai	6te mai
1892	$+$ 6	$+$ 7	17	$+$ 0.4	1ste mai	4de mai
1893	$+$ 6	$+$ 10	10	$+$ 1.4	28de april	26de april
1895	normalt	normalt	18	\div 0.1	6te mai	6te mai
1897	\div 2	\div 5	21	$+$ 1.1	8de mai	4de mai
1899	\div 16	\div 18	20	—	16de mai	16de mai

Det vil nu være tilstrækkelig godtgjort, at lufttemperaturen har været en faktor, som i væsentlig grad maa have været bestemmende for isløsningstidspunktets indtrædelse.

Vi har fundet, at der hersker en endnu nøiere sammenhæng mellem isløsningsdatoerne og lufttemperaturen, end hvad vi før fandt mellem

samme og tidspunkterne for, naar sjørne frøs til. Heraf maa i sin almindelighed kunne sluttet, at de øvrige meteorologiske elementers indflydelse paa isløsningstidspunktet er forholdsvis af endnu mere underordnet betydning, end deres indflydelse paa islægningstidspunktet.

Vi vil derfor mere kortelig behandle, hvorledes de andre meteorologiske elementer kan antages at øve indflydelse paa isløsningstidspunktet.

B. De øvrige meteorologiske elementer.

De samme veirelementer, skydækket, nedbøren, vinden, som ved siden af lufttemperaturen fandtes at øve direkte indflydelse paa islægningstidspunktet, maa ogsaa kunne tænkes at øve indflydelse paa, naar isen gaar op.

Da *skydækket* betinger, i hvilken grad insolationen faar gjøre sig gjældende, skulde vi antage, at dettes beskaffenhed vilde have stor indflydelse paa, hvor megen solvarme der stadig tilføres isen, og som følge heraf paa, hvor sterkt afsmeltningen finder sted.

At saa virkelig er tilfældet, stemmer jo ogsaa med erfaringen. Vi ser hver vaar, at der sker en betydelig større afsmeltning af saavel sne som is i løbet af de dage, hvori himmelen er klar, end i de dage, den er overskyet. Men paa den anden side viser ogsaa erfaringen, at udstraalingen i løbet af klare vaarnætter pleier at være saa sterk, at en stor mængde af det i løbet af dagen af sneen og isen afsmeltede vand atter er frosset. Under klart veir om vaaren maa derfor den sterkere grad af insolation, som finder sted om dagen, delvis neutraliseres af den sterkere natlige udstraaling, saaledes, at resultatet vil blive det samme som under et midlere udbredt skydække. Vi maa følgelig antage, at den forholdsvis lille forandring, der gjennemsnitlig pleier at finde sted i skydækkets udbredelse under issmeltningens gang, i sin almindelighed seet, ikke kan have andet end en underordnet indflydelse paa isløsnings-tidspunktet.

Vi maa desuden ogsaa erindre, at skydækkets beskaffenhed er en af de mange faktorer, som bestemmer lufttemperaturens gang, og som følge heraf maa den underordnede indflydelse, som vi kan tænke os, at skydækkets beskaffenhed har paa isens afsmeltning, for en væsentlig del være at søge under lufttemperaturens langt mere dominerende indflydelse.

Da der kan føres varme til isen ved *nedbør*, maa ogsaa dette veirelement kunne tænkes at øve en indflydelse paa isløsningstidspunktet.

Det vil imidlertid straks indsees, at den varmemængde, som paa denne maade kan tilføres isen, i almindelighed vil være saa ringe, at den kun kan være af en meget underordnet betydning for, hvordan afsmeltningen skrider frem.

Hvis isens smeltevarme sættes til 80 kalorier, vil nemlig den varmemængde, som tilføres ved en 10 mm.s nedborshoide af temperatur $+ 8^{\circ}$, kun formaa at smelte et 0.1 cm. tykt islag. Eller, hvis man f. eks. vil tænke paa forholdene ved Mjøsen, skulde der ved den nedbør, som normalt falder i april maaned — 27 mm. — kun kunne smeltes et islag af 0.3 cm.s tykkelse, hvis nedbøren gennemsnitlig havde en temperatur af $+ 8^{\circ}$. Og desuden er ikke her taget med i betragtning varmetabet ved fordunstningen.

Det tør muligens antages, at nedbøren kan have en noget større betydning for issmeltningen derved, at en del af samme rinder ned gennem porer og sprækker i isen og gjør denne mere løs og letsmeltelig. Men i det store og hele taget maa det sluttes, at nedbørens indflydelse paa isløsningstidspunktets indtrædelse kun kan være af en underordnet betydning.

Der er endnu et meteorologisk element, som kunde antages at øve indflydelse paa isløsningen, nemlig *vinden*.

Man mener ikke her at undersøge den indirekte indflydelse, som vinden kan have derigjennem, at lufttemperaturen med flere meteorologiske elementer i høi grad er afhængig af samme. En saadan undersøgelse vilde høre hjemme i et rent meteorologisk arbeide, hvor hovedformaålet var at udrede de forskjellige meteorologiske elementers gjensidige afhængighedsforhold. Det er kun vindens direkte indflydelse paa issmeltningens gang, som her skal være gjenstand for undersøgelse.

Da det maa kunne tænkes, at der under vind opstaar en bedre circulation af luften i og over islaget end ellers, maa man ogsaa kunne antage, at den varmemængde, som afgives eller tilføres isen, i nogen grad er afhængig af vinden. Hvis den er kold, skulde vinden i nogen grad kunne virke afkølede, og hvis den er varm, skulde den kunne virke opvarmende. Forsaavidt bliver følgelig ogsaa vindens virkning en funktion af lufttemperaturen, og dens indflydelse paa issmeltningens gang maa saaledes for en del skjule sig under dette veirelements indflydelse.

Men desuden maa ogsaa vindstyrken kunne tænkes at have nogen betydning. Under sterk vind maa der nemlig stadig kunne presses en større mængde luft ind i alle porer og sprækker i isen end under svag vind. Man maa saaledes kunne antage, at isen for en del vil have

lettere for at blive løs og porøs under sterk vind. Videre maa vi ogsaa antage, at vinden kan paaskynde afkjølingen noget derved, at den bringer i cirkulation de nederste, nærmest isfladen værende luftlag, der stadig under smeltningen berøves varme.

At vinden paa den beskrevne maade pleier at paaskynde issmeltningen i nogen grad, stemmer ogsaa med erfaringen. Det er nemlig en kjendt iagttagelse, at isen ofte pleier at blive af en porøs beskaffenhed under vedvarende sterk og mild vind, og en saadan, ved en intens luftcirkulation dannet porøs is, vil selvfølgelig være lettere smeltbar end fast is, idet dens overflade vil være større.

Ogsaa derved, at vinden kan føre sne og vand bort fra isfladen, kan det tænkes, at den har nogen indflydelse paa issmeltningen. Men i det hele taget kan de virkninger, vinden har paa issmeltningens gang, ikke være af nogen særdeles stor betydning, saa længe et fast isdække ligger udbredt over hele sjøen.

En ganske anden betydelig virkning har vinden, efterat der har begyndt at danne sig aabninger i isen. Saasart en saadan har dannet sig, vil nemlig vinden faa anledning til at foretage en udblanding af vandlagene. Det øverste, koldeste lag vil i nærheden af aabningen blive udblandet med vand fra nedenforværende varmere lag, og derved kan vandet i det øverste lag blive saa opvarmet, at der ogsaa kan foregaa betydelig afsmeltning fra isens underflade. Resultatet heraf vil følgelig blive, at da isen i nærheden af aabningen angribes saavel fra overfladen som fra underfladen, vil den paa dette sted kunne smelte raskere end paa de andre steder i sjøen. Aabningen vil saaledes hurtig kunne tiltage i størrelse. Hvis vinden vedvarer, vil udblandingen foregaa i en stedse stigende grad, eftersom aabningen vokser, og isløsningen vil da paa en kort tid kunne udstrække sig over store dele af sjøen.

Foran, i det kapitel, hvor de forskjellige data over isløsningen blev meddelte, vil der findes flere saadanne iagttagelser, som viser, at isen under stormende veir har løsnet i løbet af en forbausende kort tid over store strækninger af vore sjøer.

Andre meteorologiske elementer end de ovenfor nævnte kan ikke tænkes direkte at kunne influere paa isløsningstidspunktet.

De resultater, vi er komne til angaaende veirligets indflydelse paa isløsningstidspunktets indtrædelse, kan sammenfattes i følgende punkter:

1. Da ingen nævneværdig afsmeltning af isen paa vore sjøer kan finde sted, førend døgnets middeltemperatur gaar op over nulpunktet, maa

- det normale isløsningstidspunkt altid indtræffe nogen tid efter den normale datum med nul graders middeltemperatur.
2. Længden af det tidsrum, der medgaar mellem de nævnte tidspunkter, er i væsentlig grad afhængig af, hvor høit over nulpunktet lufttemperaturen holder sig. I en underordnet grad er den ogsaa afhængig af, hvorledes det er med de øvrige veirelementer, og af disse maa især vinden antages at have en paaskyndende indflydelse paa afsmeltningens gang.
 3. Under vind vil isløsningen, efterat der har dannet sig aabninger i isen, skride meget hurtig frem, idet vinden vil kunne blande de øverste vandlag sammen saaledes, at isen kan angribes saavel fra oversiden som undersiden.

Der er allerede før gjort opmærksom paa, at isløsningstidspunktet ogsaa maa være afhængigt af nogle andre, mere lokale faktorer.

For i sin almindelighed at undersøge, i hvilken grad disse gjør sig gjældende i sammenligning med de meteorologiske faktorer, kan vi betragte, naar isløsningen pleier at finde sted paa forskellige sjøer, der er beliggende under ensartede klimatologiske forhold.

Det vil erindres, at vi foran har foretaget en saadan sammenligning angaaende tidspunkterne for islægningen. Vi valgte da at sammenligne islægningsdatoerne ved nogle sjøer paa Østlandet, nemlig Mjosen, Randsfjorden, Øieren, Hurdalssjøen og Storsjøen i Odalen. Vi fandt, at det var til meget forskjellig tid, at disse nærliggende sjøer pleiede at islægges. Vi vil nu sammenligne isløsningstidspunkterne ved de samme sjøer.

Det vil erindres, at den sydlige del af Mjøsen gjennemsnitlig pleier at gaa op 22de april, den nordlige del den 6te mai, Randsfjorden 6te mai, Øieren 29de april, Hurdalssjøen 7de mai, Storsjøen i Odalen 3die mai.

Der er ingen synderlig forskjel mellem disse tidspunkter, uagtet de lokale forhold maa antages at være temmelig forskjelligartede ved de ovennævnte 5 sjøer. Dette tyder følgerig paa, at de lokale faktorer i sin almindelighed ikke pleier at øve synderlig sterk indflydelse paa, naar isløsningen kan finde sted.

Det synes saaledes at være de klimatologiske forhold, som er væsentlig bestemmende for de normale isløsningstidspunkter. Dette vil yderligere bekræftes, hvis man betragter planche 10.

Her findes, som det vil erindres, den tid, hvori isen pleier at ligge paa de forskellige sjøer, afsat paa kurver, fremstillende den normale lufttemperatur ved en i nærheden af sjøen beliggende meteorologisk station.

Denne grafiske fremstilling viser tydelig, hvordan isløsningen ved alle disse forskellige, under ulige klimatologiske forhold beliggende sjøer staar i den nøieste sammenhæng med den normale lufttemperatur. Ved de sjøer, hvor isløsningen pleier at indtræde sent, gaar temperaturen sent op over nulpunktet, og der, hvor isløsningen foregaar tidlig, indtræder dagene med varmegrader tidlig.

Men uagtet vi saaledes tydelig kan se, at det er de klimatologiske forhold, som er de væsentligste faktorer til at bestemme isløsningstidspunkterne, viser det sig ogsaa, at andre faktorer i en underordnet grad maa gjøre sig gjældende.

Der medgaar saaledes altid et vist antal dage mellem isløsningen paa den sydlige del og paa den nordlige del af Mjøsen. Denne tidsforskjel kan naturligvis ikke hidrøre fra klimatiske forhold. Efter *Mohn*¹ er aprils normaltemperatur ved Lillehammer $+ 2.7^{\circ}$, ved Hamar $+ 2.4^{\circ}$ og ved Eidsvold $+ 2.2^{\circ}$, og efter dette skulde det nærmest være at vente, at isen gik op nogle dage før over den nordlige del.

Førend vi anstiller videre betragtninger over klimatets forhold til isløsningstidspunkterne, vil vi derfor søge at udrede, hvilke øvrige faktorer kan antages at øve indflydelse paa isløsningens indtrædelse.

II. Nogle faktorer, som ved siden af veirliget øver indflydelse paa isløsningstidspunktet.

Isens tykkelse. Det er indlysende, at der under ens forhold vil medgaa længere tid til at smelte et tykkere islag end et tyndere, og vi maa saaledes antage, at isens tykkelse kan øve indflydelse paa isløsnings-tidspunktet.

Man er ikke i besiddelse af saa mange iagttagelser over istykkelsen paa vore sjøer, at der af disse direkte kan udledes, i hvilken grad denne faktor gjør sig gjældende.

Af de resultater, vi før har udledet angaaende de faktorer, som betinger isens vekst, maa vi imidlertid kunne have en formening om, hvorledes det er med isens tykkelse under givne forhold relativt til andre. Det blev godtgjort, at isen i almindelighed pleier at vokse i tykkelse, fra den har lagt sig og lige til henimod dagen med nul graders middeltemperatur. Hvor sterkt isen vokser, var væsentlig afhængigt af de to faktorer, isens overfladetemperatur og dens tykkelse.

Det maa følgende antages, at der under ens klimatiske forhold vil være tykkest is paa de steder, hvor den har ligget længst. Og paa samme sjø maa vi antage, at isen maa naa den største tykkelse i de aar, hvori vintertemperaturen er lavest. Men det maa ogsaa erindres, at forskjellen paa istykkelsen i de forskjellige aar ikke kan staa i et proportionalt forhold til vinterens varighed og strenghed; thi efterhvert som isen bliver tykkere, har den stadig vanskeligere for at vokse.

Ved paa planche 1 at betragte lufttemperaturens gang i de forskellige aar, vil vi kunne danne os en forestilling om, hvorledes det har været med tykkelsen af isen paa Slidrefjorden.

I et aar som f. eks. 1873—74, da hele vinteren udover var betydelig mildere end normalt, kan isen neppe have havt den tykkelse, som den havde i 1874—75, da hver af vintermaanedernes middeltemperatur laa betydelig under det normale.

Da temperaturforholdene om vaaren i det hele taget var omtrent ens i de to aar, skulde det være at vente, at der var medgaaet længere tid til at smelte den tykkere is i 1875 end den tyndere is i 1874. Vi skulde som en følge heraf have ventet, at isløsningstidspunktet var indtruffet paa en senere datum i 1875 end i 1874. Saa var imidlertid ikke tilfældet. Isen gik op et par dage før i 1875 end i 1874. Isens tykkelse har øiensynlig i disse to aar øvet en meget uvæsentlig indflydelse paa isløsningens indtrædelse.

Det samme kan vi ogsaa se ved at betragte forholdene i 1892—93 og 1893—94. I det førstnævnte aar var vinteren streng, saa isen antagelig maa have været tykkere end i det sidstnævnte, da vinteren gennemgaaende var meget mildere. Men som vi ser, fandt isløsning ikke desto mindre sted noget tidligere i 1894 end i 1893.

Heller ikke vil vi finde nogen regel for, at isløsningstidspunktet har været i nogen væsentlig grad afhængigt af isens tykkelse, om vi betragter de øvrige aar.

Der kan saaledes af forholdene ved Slidrefjorden ikke fremgaa noget om, at den forskjel, der aar om andet kan være paa istykkelsen ved samme sjø, er af nogen videre betydning for isløsningens indtrædelse.

Vi vil undersøge, om istykkelsens indflydelse paa isløsningstidspunktet kommer bedre tilsyne, hvis vi betragter forskellige sjøer, der er beliggende under rent ulige klimatiske forhold.

Vi kan f. eks. sammenligne forholdene ved sjøer som Aursunden og Fæmunden med forholdene ved Øieren.

Dagen med nul graders middeltemperatur indtræder i Rørostrakten omkring 25de april, og det normale isløsningstidspunkt indtræder paa

Aursunden gjennemsnitlig 3die juni og paa Fæmunden 2den juni. Ved Øieren indtræder dagen med nul graders temperatur omkring 29de mars, og isløsningen indtræder normalt 29de april. Da mai maanedes middeltemperatur ved Røros er omtrent den samme som aprils i egnene ved Øieren, maa vi antage, at der til at smelte samme istykkelse normalt vil medgaa et lige langt tidsrum fra 25de april ved Aursunden og Fæmunden som fra 29de mars ved Øieren.

Isløsningen ved Aursunden og Fæmunden finder gjennemsnitlig sted 35 dage, efterat dagen med middeltemperatur = 0° er indtraadt, og ved Øieren udgjør dette tidsrum 30 dage. Der medgaar følgelig nogle flere dage for under lignende omstændigheder at afsmelte isen paa Fæmunden og Aursunden, end det gjør ved Øieren. Dette maa vistnok hidrøre fra, at isen paa de to førstnævnte sjøer pleier at have en større tykkelse end paa sidstnævnte sjø.

Paa samme maade vil det ogsaa ved en betragtning af forholdene paa nogle andre steder komme tilsyne, at isløsningen pleier at indtræde noget senere i forhold til dagen med nul graders middeltemperatur paa sjøer, hvor isen maa antages at være tykkere.

Ved Norsjø, Seljordsvatn, Bandak og Byglandsfjord f. eks. indtræder isløsningen normalt 3 à $3\frac{1}{2}$ uge efter dagen med nul graders middeltemperatur. Ved sjøer som Slidrefjorden, Snaasenvatn, Tunnsjø, Langvatn ved Sulitjelma medgaar der derimod omtrent $4\frac{1}{2}$ à 5 uger mellem dagen med 0° og isløsningen.

Der er følgelig 1 à $1\frac{1}{2}$ uges længere afsmeltningsperiode ved de sidstnævnte sjøer; og da den normale lufttemperatur under afsmeltningsperioden er omtrent den samme saavel ved de førstnævnte som ved de sidstnævnte sjøer, maa vistnok dette for en væsentlig del tilskrives en forskjellig istykkelse.

Der er før beskrevet eksempler paa, at isen pleier at gaa op noget før over enkelte dele af en sjø end over andre dele af sjøen. Den centrale del af Mjøsen pleier saaledes at gaa op i den sidste halvdel af april, medens isløsningen over den nordre del af sjøen ikke pleier at finde sted før en uges tid ud i mai. Randsfjordens sydlige del pleier at gaa op en 3 dages tid før den nordlige del. Ved Tyrifjorden pleier isen paa Holsfjorden at gaa op først, nogle dage efter pleier den at gaa op paa selve Tyrifjorden, og nogle dage, efterat isløsningen er indtruffet her, pleier Stensfjorden at gaa op. Paa Snaasenvatn pleier isen først at gaa op over den østlige del af vandet, omkring 5te mai; 5 dages tid efter indtræder isløsningen paa vandets vestlige del o. s. v. Vi ser, at det gennemgaaende er tilfældet, at isløsningen pleier at indtræde først

over de dele af sjøerne, hvor isen lægger sig sidst. Dette maa vistnok for en væsentlig del tilskrives den omstændighed, at isen i almindelighed naar en større tykkelse der, hvor den har ligget længst.

Men om vi saaledes kan iagttage, at isens tykkelse over indflydelse paa isløsningstidspunktet, kan dog denne faktor i det hele taget ikke siges at være af nogen væsentlig betydning.

Den tidsforskel, som medgaar til at smelte et noget tykkere eller tyndere islag, vil nemlig i regelen være saa liden, at den er rent underordnet i sammenligning med den, hvormed isløsningstidspunktet kan paaskyndes eller forsinkes af andre grunde.

Selv ved sjøer, der er beliggende under saa strengt vinterklima som f. eks. ved Roros, saa vi, at det i det høieste kun var med halvanden uges tid, at isløsningens indtrædelse kunde tænkes forsinket ved afsmeltningen af forholdsvis tyk is. Ved sjøer under ensartet klimatisk beliggenhed varer det sjelden mere end en uges tid mellem, at sjøerne med en noget tyndere og tykkere is pleier at gaa op.

Med hensyn til det sidste maa forholdene i 1898—99 ved Bygdin og Vinstern nævnes som et godt eksempel. Vinstern islagdes i den første halvdel af november, og Bygdin islagdes ikke før i de første dage af januar. Isen paa Vinstern havde saaledes kunnet vokse i tykkelse i løbet af maaneder, før der endnu var is paa Bygdin. Følgelig er det rimeligt at antage, at isen i løbet af vinteren maa have naaet en større tykkelse paa Vinstern end paa Bygdin. Men ikke desto mindre gik isen paa disse to sjøer det aar op med blot en dags mellemrum.

Isens struktur. Det er allerede før nævnt, at der i løbet af vinteren pleier at foregaa en forandring i isens struktur.

Først paa vinteren er isen fast og seig. Længere ud paa vinteren bliver den derimod mere krystallinsk og løs. De enkelte ispartikler pleier da at være anordnede i vertikalt stillede soiler. Denne eiendommelige forandring i isens struktur maa vistnok for en væsentlig del hidrøre fra, at de øverste lag gjentagende trækker sig sammen, idet de er udsatte for en forholdsvis sterk afkøling, medens de underste lag, hvor der altid er en jevn temperatur af ca. 0° , ikke vil være underkastet en saadan volumforandring.

Efterat insolationen henimod vaaren har begyndt at gjøre sig sterkt gjældende, vil strukturforandringen udvikles i endnu høiere grad. Om dagen vil der indsuges varmestraaler, som smelter en del af den is, som binder de fastere isnaale sammen, og naar der om natten er sterk afkøling, vil isnaalene atter fryse sammen. Ved paa denne maade afveks-

lende at indsuge og afgive varme bliver isen, som før berørt, løsere og løsere, jo længere det lider ud paa vaaren.

Man kan paa denne aarstid iagttage, saaledes som *Forel* fleresteds har beskrevet¹, at islaget helt igjennem bestaar af vertikalt stillede prismen af en diameter paa 1—3 cm., hvis indbyrdes orientering minder om basaltiske søiler. De enkelte prismen er ofte saa svagt forbundne med hverandre, at isen kun taaler en svag belastning, før den brister. Tilslut vil det kunne hænde, at forbindelsen mellem isprismen bliver saa svag, at de ryr helt fra hverandre og kommer til at svømme frit om i vandet.

I mai 1900 blev der gjort en ganske interessant iagttagelse herover ved Nøklevatn ved Kristiania.

En morgen laa der endnu over hele vandet et 1 à 2 dm. tykt istæppe, der bestod af saadanne vertikalt stillede prismen. Isen var imidlertid saa løs, at der kun skulde et slag med en aare til for at slaa gjennem den. Efterat solen havde været fremme i løbet af dagen, kunde man flere steds se aabent vand. I disse aabninger kunde der overalt iagttages en mængde isnaale, der svømmede frit omkring. Forbindelsen mellem de enkelte issøiler var ophørt, og disse var nu ikke længere anordnede med sin længdeakse i vertikal retning.

Da der ud paa aftenen kom en ganske frisk bris, løsnede resten af isen over næsten hele vandet.

Strukturforandringen kan neppe forudsættes at være nøiagtig ligedan i de forskjellige aar og ved de forskjellige søer, idet det ikke kan antages, at de faktorer, som bevirker samme, vil gjøre sig lige sterkt gjældende paa forskjellig tid af aaret og under forskjellig geografisk beliggenhed.

Det er rimeligt, at den grad, hvortil forandringen af isens struktur er fremskreden, kan have betydning for, hvor raskt afsmeltningen kan finde sted; men der foreligger ikke tilstrækkelige iagttagelser over isens strukturforandringer paa vore indsjøer til heraf at kunne udrede spørgsmaalet.

Da isens farve har betydning for, hvor megen varme der kan absorberes, vil det ogsaa kunne tænkes, at denne i nogen grad vil kunne influere paa, hvor raskt afsmeltning kan skride frem.

Sne paa isen. Vi har før seet, at isens vekst i nogen grad vil være afhængig af tykkelsen af det snelag, som ligger paa isen. Jo

¹ Le Léman. B. II, p. 385. — Congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891, p. 54.

tykkere dette er, desto vanskeligere vil nemlig varmen have for at ledes bort gennem isen, og desto vanskeligere vil folgelig isen have for at vokse. Ved saaledes at bevirke, at isen ikke vil kunne vokse saa sterkt, skulde et snelag af forholdsvis stor tykkelse indirekte kunne have en paaskyndende indflydelse paa islosningens indtraedelse. Men paa den anden side vil tilstedeværelsen af et saadant snelag af andre grunde kunne tænkes at forsinke islosningstidspunktet i nogen grad. Hvis der findes megen sne paa isen, vil nemlig afsmeltningen af samme udkræve en betydelig varmemængde, som i modsat fald vilde kunne komme isens afsmeltning tilgode. Folgelig skulde de maader, hvorpaa sneen paa isen kan antages at influere paa islosningstidspunktet, være af rent modsat virkning.

Hvorvidt et snelag i det hele taget vil have en paaskyndende eller forsinkende indflydelse, vil for en stor del bero paa, naar sneen er faldt. Er den meste sne kommen kort tid, efterat isen har lagt sig, vil snelaget gennem hele vinteren være hindrende for isens vekst. I dette tilfælde skulde vi derfor antage, at sneen vilde bidrage til, at islosningen indtraadte noget tidligere end ellers. Men hvis den meste sne er faldt langt ud paa vinteren, efterat isen har naaet en stor tykkelse, maa den for den væsentligste del forsinke islosningens indtraedelse.

Imidlertid tør vi gaa ud fra, at det almindeligste vil være, at snefaldet fordeles nogenlunde jevnt gennem vintermaanederne, og hvis dette er tilfældet, vil de maader, hvorpaa et snelag vil kunne virke paa islosningstidspunktet, delvis neutralisere hinanden.

Det maa saaledes antages, at heller ikke denne faktor i det hele taget kan være af nogen væsentlig betydning.

Erfaringen vil ogsaa bekræfte dette, hvis der undersoges, naar islosningens indtraedelse har fundet sted i store snevintre i sammenligning med dens indtraedelse i vintre, hvori der har ligget forholdsvis lidet sne.

Paa isen over den centrale del af Mjøsen maa der f. eks. have ligget meget sne i vintrene 1892—93, 1894—95 og 1898—99. Derimod kan dette ikke have været tilfældet i 1885—86, 1887—88, 1888—89 og 1891—92. Der vil, om vi betragter de grafiske fremstillinger, ikke fremgaa noget, som skulde tyde paa, at islosningen i de forstnævnte af disse aar indtraadte anderledes i forhold til lufttemperatures gang end i de sidstnævnte.

Det kan heller ikke merkes, at sneen har haft nogen videre indflydelse paa islosningstidspunkterne, om vi betragter forholdene ved Slidrefjorden. I vintre som 1883—84, 1885—86, 1895—96, da der laa forholdsvis lidet sne paa fjorden, indtraadte islosningen, som vi kunde

vente det efter lufttemperatures gang; men det gjorde det ogsaa f. eks. i 1884—85, 1892—93 og 1893—94, da der var meget sne paa isen.

Andre fremmede legemer paa isen. Foruden sne kan der ogsaa paa isen findes andre legemer, som kan tænkes at influere paa, hvor raskt afsmeltningen kan skride frem. Der kan være legemer af en mørk farve, som støv og lignende. Da disse har en større absorptions-evne end isen, vil der fra samme kunne føres varme over til den omkringværende is. I nærheden af saadanne legemer vil følgelig afsmeltningen kunne skride noget raskere frem end paa de øvrige steder.

Bedst vil fremmede legemers indflydelse paa isløsningen kunne iagttages paa de steder, hvor der er lagt en vei over isen. Efter en saadan vil der samles hestegjødelse og andet mørkt farvet smuds, som absorberer forholdsvis megen varme. Isen vil her have lettere for at smelte, og vi vil ofte finde, at isløsningen først har indtruffet paa det sted, hvor veien er lagt¹.

Strømme. Under forudsætning af, at vandet under isen var i ro, kom vi til det resultat, at der ikke kunde foregaa nogen synderlig afsmeltning fra isens underflade. Men hermed kan det forholde sig anderledes, hvis der er strøm i vandet. Ved en saadan vil der nemlig stadig kunne tilføres varmere vand fra de nedenfor værende lag, og dette vil bevirke, at der ogsaa kan føres varme til isens underflade.

Hvor der er strøm, skulde af denne grund smeltningen af isen kunne gaa noget raskere for sig. At dette er tilfældet, vil man kunne iagttage ved flere af vore indsjøer, idet isløsningen pleier at begynde udenfor det sted, hvor et tilløb har sit udløb i sjøen. Ja, endog i forholdsvis lang tid, førend isen er gaaet op over den øvrige del af sjøen, vil man paa et saadant sted kunne iagttage aabent vand.

Ligeledes kan man flersteds, hvor en sjø indsnevres af et sund, iagttage en tidligere isløsning end paa den øvrige del af sjøen. Grunden hertil maa være, at der i et saadant sund i regelen altid vil være strøm.

Det vil fra foregaaende kapitel erindres, at strømforholdene ved vore indsjøer endnu ikke er tilstrækkelig undersøgte. Der er imidlertid et par sjøer, hvor der findes saa sterke strømsætninger, at disse har paakaldt de omkringboendes opmærksomhed. For at faa en formening om, hvorvidt strømmene i sin almindelighed pleier at øve en indflydelse

¹ Sammenlign: Halvdan Svartes saga, kap. 9: »— — en er mykrin hafði fallit á ísinn, þá hafði þar grafit um í sólbráðinu; en er konungr ok þar um, þá brast niðr íssinn, ok týndist þar Hálfðan konungr ok lið mikit með honum.«

af større betydning ligeoverfor isløsningstidspunktet, kan vi undersøge, hvordan isløsningen pleier at indtræde ved disse sjøer.

Det vil erindres, at der er iagttaget sterk strøm i Storsjøen i Rendalen. Den normale isløsning pleier ved denne sjø at indtræffe en uges tid tidligere end ved den nærliggende Lomnessjø og ved de øvrige omkringliggende sjøer. Efter dette er det sandsynligt, at der maa være en eller anden lokal faktor, som virker til at paaskynde isløsningen paa Storsjøen. Den i sjøen værende strøm maa for en del kunne bidrage hertil. Men, som vi ser, kan ikke isløsningen blive paaskyndet i nogen betydelig grad. Det normale isløsningstidspunkts indtrædelse sker kun ca. 1 uge tidligere, end vi efter de klimatiske forhold skulde have ventet.

I Vaagevatn skal der ogsaa stadig være strøm. Paa dette vand pleier ogsaa isen at gaa op nogen tid, før man skulde vente efter vandets beliggenhed. Der er saaledes en sandsynlighed for, at isløsningens indtrædelse paa Vaagevatnet bliver paaskyndet i nogen grad af strømmen. Men heller ikke forholdene ved dette vand synes at tyde paa, at strømmen her skulde kunne have nogen særdeles væsentlig betydning for isløsningens indtrædelse.

Det synes efter de anførte eksempler, som om ogsaa denne faktor i sin almindelighed kun med forholdsvis kort tid kan paaskynde isløsningstidspunktets indtrædelse.

Sjøens størrelse, form, omgivelser og beliggenhed. Disse faktorer kan ogsaa antages at have nogen betydning for, naar isen gaar op. Dels indirekte derved, at de vil øve indflydelse paa veirforholdene, og dels mere direkte, idet det kan afhænge af samme, i hvilken grad insolationen faar anledning til at virke.

Det er saaledes indlysende, at vinden f. eks. vil faa bedre tag til at virke ved en stor sjø end ved en liden.

Da det ogsaa vil være en forholdsvis liden del af en større sjø, som vil ligge i den skygge, omgivelserne kaster, maa det antages, at insolationen i regelen vil faa bedre anledning til at virke ved en stor sjø end ved en liden. Det skulde følgelig synes, som om isen paa de større sjøer i sin almindelighed skulde kunne gaa noget før op end paa de mindre. Erfaringen fra flere steder bekræfter ogsaa dette. Saaledes pleier altid isen paa Mjøsen at gaa op nogen tid, før isen paa de omkringliggende mindre vand og tjern.

Ligeledes ved Fæmunden. Denne sjø kan man stundom finde helt isfri, medens der endnu ligger is paa mindre sjøer i nærheden.

Kunstig opbrydning af isen. Ved nogle af vore indsjøer kan det tænkes, at isløsningen i nogen grad bliver paaskyndet ved isbrydning med dampskibe.

Hvis der nemlig først er opbrudt en raak i isen, vil isløsningen kunne antages at skride raskt frem fra kanterne paa denne, idet en ud-blanding af vandlagene her vil kunne finde sted, hvorved den til raaken stødende is ogsaa vil kunne angribes fra underfladen. Men da det i almindelighed vil være meget vanskeligt at opbryde fast ferskvandsis uden ved hjælp af meget kraftige dampskibe af en særegen konstruktion, er det rent undtagelsesvis, at denne faktor kan have øvet nogen videre ind-flydelse paa isløsningens indtrædelse ved vore sjøer. Som allerede før anført er der mange gange ved hjælp af dampskibe forgjæves forsøgt at bryde vei igjennem isen paa Mjøsen. Paa denne sjø har der nemlig i en lang aarrække eksisteret noksaa kraftige dampskibe, og der har knyttet sig store interesser til at faa skibene i rute saa tidlig som muligt om vaaren.

Det er imidlertid neppe i noget af de aar, hvori hele sjøen har været tilfrossen, lykkedes at forcere isen ved dampskibene før henimod det tidspunkt, da denne alligevel snart vilde have gaaet op. Da de erfaringer, man har fra Mjøsen, vil belyse spørgsmaalet om, paa hvilket tidspunkt om vaaren det i sin almindelighed vil være muligt ved hjælp af et dampskib at slaa sig gjennem isen paa vore indsjøer, skal disse hidsættes.

I 1876 gik isen efter en mildveirperiode bort paa flere steder i begyndelsen af februar. Man forsøgte da at slaa op isen ved hjælp af dampskibet Dronningen, men man kom ikke mere end nogle faa meter frem. Først i slutten af april kunde dampskibet komme frem.

Det følgende aar, 1877, var ogsaa sjøen helt tilfrossen. Man forsøgte det aar at forcere isen med dampskibet Tordenskjold; men ikke engang saa sent som den 5te mai lykkedes det at faa skibet mere end et par skibslængder frem. Først omkring den 15de mai lykkedes det at slaa op en raak.

I 1879 blev det den 7de april forsøgt at bryde op isen, men man kom ingen vei. Det lykkedes ikke før den 24de april at slaa op en raak.

Det følgende aar var der ingen is paa sjøen, men som vi vil erindre, var Mjøsen usedvanlig længe islagt i vinteren 1880—81. Det aar blev der ikke gjort noget forsøg paa at slaa sig igjennem isen før omkring den 20de mai.

I 1883 forsøgte man med Tordenskjold at slaa sig gjennem isen den 25de april; men man kom kun et ganske kort stykke frem.

I 1885 forsøgtes ikke isbrydning, før der havde begyndt at vise sig mindre aabninger i isen. Aaret efter, i 1886, gik ogsaa dampskibet først ud i isen, efterat der var begyndt at vise sig aabninger i den.

I 1888 og 1889 var der ligeledes aabent vand paa sine steder, førend nogen isbrydning blev forsøgt.

I 1892 kunde isen forceres den 11te april. Men som vi vil erindre, indtraf vaaren saa tidlig det aar, at isløsningen alligevel vilde indtruffet paa en tidlig datum.

I det følgende aar, 1893, syntes isen at være saa løs, at man haabede paa at kunne bryde den op i begyndelsen af april. Men dampskibet kom ingen vei, da der den 4de april forsøgtes at forcere isen. Først omkring midten af april lykkedes det at slaa sig igjennem den.

I 1895 og 97 var ogsaa Mjøsen helt islagt. Men ingen af de to aar forsøgte man at bryde isen op med dampskibe før omkring 20de april, den normale isløsningsdatum.

Det vil erindres, at der i kapitel 3 meddeltes flere data angaaende isbrydning paa Vestvatnene i Telemarken. Heller ikke paa disse indsjøer har man i almindelighed kunnet slaa sig gennem isen, før denne er bleven saa løs, at isløsningen ellers snart vilde have været forhaanden. Saaledes kunde dampskibsfarten i 1895 ikke begynde før 27de april.

Aaret efter, 1896, begyndte man derimod allerede den 11te mars at bryde isen op. Men uagtet man arbeidede saavel med dampskibet som med assistance af isskjærere, lykkedes det ikke før den 5te april at faa brudt op raak til Dalen.

I 1897 kunde man ikke komme frem i isen før i de sidste dage af april.

I 1898 var der ikke is paa vandene; men i 1899, da der var sen vaar, blev der ikke forsøgt med isbrydning før over midten af april.

Af disse iagttagelser maa sluttes, at det i sin almindelighed ikke er lykkedes at bryde op raak paa nogen af vore islagte sjøer før langt ud paa vaarparten. Dette gjælder, vel at merke, det tilfælde, at sjøerne har været helt tilfrosne. Hvis der paa en kunstig maade vil kunne holdes en raak oppe hele vinteren gennem, vil forholdet blive anderledes. Men da der hidindtil kun rent undtagelsesvis er udført saadan isbrydning ved vore sjøer, kan vi ikke antage, at en kunstig opbrydning af isen ved nogen af vore sjøer i det hele taget har været af nogen nævneværdig betydning for isløsningens indtrædelse.

Det kan i det høieste kun være med gennemsnitlig et par dage, at isløsningen ved nogle faa af vore sjøer er bleven paaskyndet ved isbrydning.

Vi har nu seet, hvordan det er med indflydelsen af hver af de faktorer, som sammen med de meteorologiske elementer bestemmer tidspunktet for isløsningens indtrædelse. I det hele taget har ingen af disse faktorer nogen større betydning. Men det kan hænde, at flere af faktorerne virker sammen, og i det tilfælde kan deres indflydelse paa isløsningstidspunktet gjøre sig noget sterkere gjældende.

Dette maa for eksempel kunne antages at finde sted ved Mjøsen, hvor isløsningen over sjøens nordlige del pleier at indtræde 14 dages tid, efterat den er indtraadt over den centrale del, hvor faktorer som: isens mindre tykkelse, strøm, mindre sne paa isen, en større isflade og kunstig opbrydning, hver for sig vil bidrage noget til at paaskynde isløsningen. Men selv under saadanne omstændigheder vil den samlede indflydelse af de forskjellige lokale faktorer i regelen kun være af underordnet betydning i sammenligning med den indflydelse, som de meteorologiske elementer øver.

Da det nu er behandlet, hvordan det er med virkningen af de faktorer, som kan tænkes at øve indflydelse paa isløsningen, skal vi noget nærmere fæste opmærksomheden ved forholdet mellem vore sjøers normale isløsningstidspunkter og deres klimatologiske beliggenhed.

Det fremgik tydelig, da vi foran betragtede planche 10, at der ved de forskjellige sjøer fandt en nøie sammenhæng sted mellem isløsningstidspunkterne og den normale gang af lufttemperaturen. Vi vil noget nærmere kunne se dette forhold ved at betragte nedenstaaende tabel. I denne er anført det normale isløsningstidspunkt for en del sjøer fra de forskjelligste egne af landet. Ved siden er noteret, naar dagen med middeltemperaturen 0° normalt indtræffer over vedkommende sjø, og i en 3die rubrik er udregnet det antal uger, som normalt medgaar mellem disse to tidspunkter.

	Datum med 0° middel- temperatur.	Isløsningstids- punktet.	Antal uger mellem dagen med 0° og den gennemsnit- lige isløsning.
Mjøsens centrale del	4de april	22de april	3
— nordlige del	3die april	6te mai	$4\frac{1}{2}$
Hurdalssjøen	5te april	7de mai	$4\frac{1}{2}$
Randsfjorden	5te april	6te mai	$4\frac{1}{2}$
Sperillen	5te april	8de mai	$4\frac{1}{2}$

	Datum med 0° middel- temperatur.	Islosningstids- punktet.	Antal uger mellem dagen med 0° og den gjennemsnit- lige islosning.
Farrisvatn	27de mars	20de april	3½
Øieren	28de mars	29de april	4½
Osen	13de april	15de mai	4½
Storsjøen i Rendalen	10de april	7de mai	4
Fæmunden	25de april	2den juni	5
Aursunden	27de april	3die juni	5
Slidrefjorden	9de april	15de mai	5
Norsjø	25de mars	18de april	3½
Seljordsvatn	28de mars	22de april	3½
Bandak	28de mars	21de april	3½
Byglandsfjord	29de mars	22de april	3½
Roldalsvatn	4de april	7de mai	4½
Vangsvatn i Voss	27de mars	19de april	3
Oldenvatn	25de mars	20de april	3½
Selbusjø	1ste april	1ste mai	4
Leksdalsvatn	28de mars	24de april	4
Snaasenvatn	1ste april	3die mai	4½
Tunnsjø	23de april	30te mai	5
Langvatn ved Sulitjelma	25de april(?)	25de mai	4½
Pasvik	3die mai	5te juni	5

Af tabellen fremgaar det tydelig, at der i det store og hele taget mellem den datum, hvorpaa den daglige middeltemperatur = 0°, og islosningstidspunktet pleier at medgaa et tidsrum, som ved de forskjellige sjøer er omtrent af samme varighed, fra 3 til 5 uger.

Da saaledes islosningstidspunktet for den væsentligste del bestemmes af de klimatiske forhold og kun i en underordnet grad er paavirket af lokale faktorer, maa en generel grafisk fremstilling af, hvordan islosningen pleier at skride frem, være berettiget.

Det er for nævnt, at det for vort lands vedkommende vil være en uøjelighed at fremstille islægningsstidspunktets fremskriden paa en lignende maade, som prof. Hildebrandsson m. fl. har gjort for Sveriges vedkommende. De lokale forhold, som har en meget væsentlig indflydelse paa islægningsstidspunktet, er hertil altfor forskellige. Særlig er

dybet, hvoraf jo islægningstidspunktet i høi grad er afhængigt, meget forskjelligt ved de norske indsjøer. Det vil fra før erindres, at vi endog har nævnt eksempel paa, at dybdeforholdene ved samme sø kan være saadanne, at der er næsten 3 maaneders tidsforskjel mellem, at islægningen foregaar over de grunde og over de dybe dele af sjøen. At eliminere disse lokale forskjelligheders indflydelse paa islægningen eller at udregne gjennemsnittet for visse distrikter lader sig derfor ikke gjøre for vore indsjøers vedkommende uden at faa misvisende resultater.

Anderledes derimod med isløsningen, som i langt mindre grad er afhængig af lokale faktorer. Med hensyn til denne maa vi ved at udregne gjennemsnittet af isløsningsdatoerne for et forholdsvis lidet distrikt faa et resultat, som uden at være paavirket i nogen merkbar grad af stedlige forskjelligheder vil vise os det generelle forhold.

Isløsningen er derfor paa planche 12 fremstillet paa en lignende maade som hos Hildebrandsson. Man har inddelt landet i en hel del distrikter og udregnet, naar isløsningen gjennemsnitlig finder sted ved sjøerne inden distriktet. Distrikterne er valgt saadan, at de indeslutter en del sjøer under omtrent ensartet klimatologisk beliggenhed. Der vil følgelig i regelen kun være en ubetydelig variation i isløsningens indtræden inden hvert af de valgte distrikter, og det udregnede gjennemsnit kan saaledes ikke give nogen synderlig misvisende forestilling om, hvorledes isløsningen i det store og hele taget skrider frem.

De kurver, som er optrukne gennem steder, hvor isløsningen falder paa samme datum, er forbundne med dem, som findes optegnede i Hildebrandssons og Rundlunds arbeide. Saaledes at kunne kombinere med kurverne i de tilgrænsende dele af Sverige har været af betydelig støtte for at faa en sandsynlig retning og form af kurverne i det nordlige Norge, hvor der kun er noteret forholdsvis faa data for isløsningen.

Ved siden af de kurver, som fremstiller isløsningen, er med rødt optrukket nogle andre, der betegner, naar dagen med nul graders middeltemperatur indtræder. Nulisotermene, som er udarbejdede ved det norske meteorologiske institut, er i den anledning velvilligst stillede til afbenyttelse.

Det vil, med det samme man betragter kartet paa planche 12, falde i øinene, hvordan der i det hele taget er parallelt forløb mellem nulisotermene og de kurver, som fremstiller isløsningen.

Men vi ser, at dagen med 0°s middeltemperatur rykker noget raskere frem end isløsningen. Der er saaledes omtrent 3 uger mellem isløsningen og dagen med 0° der, hvor det sidstnævnte tidspunkt falder i slutten af mars. Men paa de steder, hvorover nulisotermen for 1ste

april gaar, medgaar der næsten 4 uger mellem de nævnte tidspunkter. Og hvis vi betragter forholdet paa de steder, hvorover nulisotermen for 15de april gaar, ser vi, at isløsningen der falder noget over 20de mai, eller omtrent 5 uger efter dagen med 0°.

Dette forhold kan vi forøvrigt ogsaa se ved at betragte tabellen s. 258. Af denne fremgaar det nemlig ogsaa, at der ved sjøer som Farrisvatn, Norsjø, Bandak, Byglandsfjord, Vangsvatn paa Voss o. s. v., hvor vaaren indtræder tidlig, pleier at medgaa ca. 3 uger mellem dagen med 0° og isløsningen. Men paa den anden side pleier der ved sjøer som Fæmunden, Aursunden, Tunnsjø, Røsvatn m. fl., hvor vaaren indtræder sent, at medgaa ca. 5 uger mellem dagen med 0° og isløsningen. Dette forhold maa kunne tænkes at hidrøre fra forskellige samvirkende omstændigheder. Dels kan det vel komme af, at temperaturen flere steder viser sig at gaa raskere op i de egne af landet, hvor vaaren indtræder tidlig. Men væsentligst maa det vistnok skyldes den omstændighed, at isen pleier at naa en større tykkelse paa de sjøer, hvor vaaren pleier at indtræde sent.

Da tidspunktet for isløsningens indtrædelse, saaledes som vi har seet, staar i det nøieste afhængighedsforhold til de klimatiske forhold, maa vi omvendt ogsaa kunne udlede resultater om, hvorledes det maa være med klimaet over en sjø, naar man kjender isløsningstidspunktet.

Ligesom islægningens indtrædelse ved de grunde sjøer, som for berørt, vil kunne tjene som maal for, hvordan høsten skrider frem, vil ogsaa isløsningens indtrædelse være et sikkert maal for vaarens fremskridt.

Ved at kjende den normale isløsningsdatum vil man med sterk tilnærmelse kunne beregne, naar dagen med 0° middeltemperatur pleier at finde sted over sjøen. Og selv om der ikke foreligger en saa lang række af iagttagelser, at den normale isløsningsdatum heraf vil kunne udregnes, vil alligevel en enkel observation af, naar isløsningen finder sted ved en sjø, ofte være til nytte ved bedømmelsen af, hvorledes det pleier at være med vaarens indtrædelse paa vedkommende sted. Hvis vi besidder iagttagelser over, hvor meget tidligere eller senere end normalt isløsningen foregaar i det hele taget i samme egn af landet, vil vi nemlig ogsaa med sterk sandsynlighed kunne slutte os til, naar den normale isløsningsdatum pleier at indtræde ved vedkommende sjø.

Iagttagelsen af indsjøernes islægning og isløsning maa saaledes kunne være af stor betydning til bedømmelsen af nogle væsentlige træk

ved et steds klima. I et land som vort, hvor naturen paa mange steder er saa afvekslende, at de klimatiske forhold ofte i høi grad kan forandre sig paa ganske korte strækninger, vil det være næsten ugjærligt helt ud at finde rede paa, hvorledes det forholder sig med klimaet paa hvert enkelt sted. Paa store strækninger findes der ingen fast bebyggelse, og der kan saaledes paa mange steder ikke være tale om at oprette meteorologiske stationer, hvor de forskjellige klimatologiske elementer vil kunne iagttages. Det gjælder derfor ogsaa, hvis vi helt vil udrede vort lands klimatologi, at indsamle træk for træk af det, som vil kunne belyse de klimatologiske forhold paa de steder, som ligger mellem dem, hvor nøiagtige meteorologiske observationer kan udføres. I et saadant øiemed maa iagttagelser af isforholdene ved indsjørerne være meget tjenlige.

At iagttage, paa hvilken datum en indsjø fryser til, og naar den gaar op, er en let observation, som kan udføres af enhver.

Iagttagelsen af disse forhold vil som regel heller ikke kræve nogen omkostninger, og som vi har seet, er det ikke uvæsentlige træk af et steds klimatologiske forhold, som afspeiler sig ved isforholdene paa indsjørerne. Specielt maa nævnes, at det skulde være af stor interesse at besidde en lang aarrækkes iagttagelser af islægnings- og isløsningsdatoerne ved samme sjø. Man vil ved hjælp af saadanne kunne udlede meget værdifulde slutninger om de klimatologiske forhold i svundne tider.

Ligeoverfor det paa flere steder gjængse folkeord, at der fra tid til anden skal finde forandringer sted i klimatologisk henseende, har nemlig den nyere naturforskning ikke stillet sig afvisende. Tvertimod, der er flere omstændigheder, som tyder hen paa periodiske klimaforandringer. Det afgjørende bevis for, at saadanne findes, har imidlertid endnu ladet vente paa sig.

Sikre meteorologiske observationsrækker, som udstrækker sig gennem et saa langt tidsrum, at man ved hjælp af disse vilde faa spørgsmaalet helt afgjort, foreligger der neppe et tilstrækkeligt antal af. Men hvis det skulde lykkes at finde gamle, regelmæssige optegnelser af datoer for, naar vore indsjøer er frosset til og gaaet op, vil dette materiale kunne tjene som et meget værdifuldt supplement til vort kjendskab om fortidens klima.

Enhver, som leilighedsvis skulde komme over saadanne optegnelser i gamle almanakker, dagbøger eller paa andre steder, maa have en indstændig opfordring til at lade samme komme til almenhedens kundskab.

Résumé français.

J'ai, dans ce travail couronné par l'Université de Christiania, étudié la congélation des lacs norvégiens.

Le premier chapitre donne un aperçu de ce qui a déjà paru dans la littérature pour éclairer cette question de la prise des lacs par la glace. J'y ai cité des travaux provenant des différentes contrées de l'Europe ainsi que de l'Amérique du Nord. J'y fais ainsi mention d'ouvrages publiés en Suède, en Finlande, en Suisse, en France, dans la Grande Bretagne, aux Etats-Unis, en Allemagne, en Autriche et en Russie.

Je fais connaître dans le second chapitre la façon dont j'ai rassemblé les matériaux qui ont servi à apprécier et à déterminer la prise et la débâcle normales des lacs de Norvège. La situation de ces lacs en hiver n'avait jamais été jusqu'ici l'objet de recherches spéciales dans notre pays. J'ai dû, pour établir mes appréciations, parcourir les observations originales qui, au cours des années, ont été envoyées à l'Institut météorologique et à l'Administration des Canaux et Rivières. Mais les dates qu'on y trouve sont loin d'être suffisantes pour se faire une idée exacte des époques normales de congélation et de débâcle dans nos lacs norvégiens. Il m'a fallu, pour me procurer des renseignements précis, correspondre personnellement un peu partout. 200 questionnaires ont ainsi été envoyés et on a répondu très aimablement à la plupart.

J'ai obtenu de cette façon des matériaux si importants qu'il sera maintenant facile de connaître exactement, année par année, à quelle époque nos principaux lacs ont coutume de se prendre ou de dégeler.

Ce sont ces matériaux dont il est question dans le chapitre 3.

Pour les principaux lacs, les différentes dates de la congélation (*»islægning«*) et de la débâcle (*»islesning«*) sont indiquées dans des tableaux.

Les lacs ont été disposés d'après leur position géographique. Leur surface (*»størrelse«*), leur hauteur au dessus du niveau de la mer (*»høide«*

o. h.«) et, autant qu'on la connaît, leur profondeur maximum («*største dyb*») sont mentionnées.

Pour faciliter l'aperçu j'ai résumé les dates normales de la prise et de la débâcle des différents lacs, de même que les dates de la congélation et du dégel en 1898—99. Tableaux, pages 114—120.

On verra que cette congélation et ce dégel ont lieu dans nos lacs à des époques très différentes. Quelques-uns se prennent déjà en Octobre, d'autres en Février seulement. Certains lacs de la côte Sud-Ouest ne se sont couverts de glace que très exceptionnellement. En général, il semble que les lacs les plus élevés au dessus du niveau de la mer et les plus hauts en latitude se congèlent les premiers, de même que les lacs situés près du littoral subissent plus tard que ceux de l'intérieur l'action de la gelée. Mais cette règle a tellement d'exceptions qu'il est fort difficile de s'y maintenir. Il y a en Norvège des lacs situés sur des montagnes très élevées et qui ne sont que fort tard couverts par la glace, il en existe dans la partie la plus septentrionale du pays qui ne se prennent que longtemps après des lacs de la partie Sud et nous pourrions trouver beaucoup d'exemples où des lacs du littoral ont été congelés bien avant des lacs de l'intérieur.

Pour se faire une idée nécessaire des facteurs qui déterminent la marche du refroidissement de la surface de l'eau, il m'a fallu traiter brièvement dans le chapitre 4 les principes des variations de la température.

Ces principes permettent de conclure que le refroidissement de la surface de l'eau doit provenir aussi bien de facteurs météorologiques que d'autres facteurs plus locaux. — Le moment de la congélation dépendant de la façon dont le refroidissement envahit la surface de l'eau, ce moment doit donc également dépendre aussi bien de facteurs météorologique que d'autres plus locaux.

J'ai examiné dans le 5^{me} chapitre l'influence que chacun de ces facteurs exerce sur la date de la prise du lac par les glaces. Je me suis occupé d'abord des éléments météorologiques. Celui de ces éléments qui paraît avoir une influence prépondérante sur la marche du refroidissement de l'eau et, par conséquent, aussi sur le moment de la congélation, est la température de l'air («*lufttemperaturen*»).

Les planches qui se trouvent à la fin de ce volume reproduisent les descriptions graphiques dont je me suis servi pour déterminer jusqu'à quel point ce facteur se fait sentir. Sur les premières de ces planches, les courbes indiquent la marche de la température de l'air par mois. L'ordonnée, 1 mm., représente 1 degré, et l'abscisse, 10 mm., représente un espace de temps de 1 mois.

La période pendant laquelle la glace a couvert les lacs situés dans le voisinage des stations météorologiques est indiquée en bleu sur les courbes. La ligne pointillée représente la température normale.

Le cours de ces deux lignes fait voir l'écart de la température moyenne, pendant le mois, par rapport à la température normale.

En examinant les planches, on aperçoit distinctement l'influence prédominante que la marche de la température de l'air a exercé sur l'époque de congélation.

Dans les années où la température a été basse les lacs se sont pris de bonne heure, dans les années de température normale la congélation s'est également produite à des époques normales, enfin dans les années où la température a été très élevée les lacs n'ont gelé qu'à une date tardive. L'examen des planches permet cependant de constater un certain nombre d'irrégularités. On peut penser que celles-ci sont causées par le fait que la température moyenne par mois ne représente pas exactement la température réelle. Afin donc d'être renseigné d'une façon précise sur cette dernière, j'ai construit plusieurs courbes qui décrivent la température pour chaque jour. Ces descriptions, qu'on trouvera aux planches 5—9, représentent la température de notre plus grand lac, le Mjøsen. 2 mm. ordonnée égalent un degré. 1 mm. abscisse égale un jour.

J'ai, là aussi, indiqué en bleu sur les courbes les espaces de temps pendant lesquels le lac a été complètement couvert de glaces. J'ai en outre indiqué au moyen des signes \longleftrightarrow lorsque la glace a été dans la partie septentrionale du lac et lorsqu'elle a été dans d'autres parties plus méridionales.

J'ai passé en revue chacune de ces courbes et discuté pour chaque année depuis 1871 quelle corrélation il y a eu entre l'époque de la congélation et la marche de la température de l'air. Pages 158—173.

L'examen de la marche de la température quotidienne a montré, pour toutes les années, une corrélation encore plus grande que ne l'avait montré l'examen de la température par mois.

Les autres éléments météorologiques qui, à côté de la température de l'air, sont supposés exercer une influence directe sur la marche du refroidissement et, par conséquent, sur l'époque de la congélation sont: le temps couvert (*«skydække»*), le temps pluvieux ou neigeux (*«nedbør»*) et le vent (*«vind»*).

Afin de discuter l'influence de chacun de ces facteurs, j'ai comparé dans des tableaux l'époque annuelle de la congélation avec la position qu'ils occupaient pendant la période de refroidissement des lacs.

Le tableau page 176 montre à quelles dates le Mjøsen a été pris par la glace pendant les différentes années et indique également la quantité moyenne des nuages. Dans le tableau page 177 j'ai noté, à côté des dates de congélation, le nombre des »jours clairs« et des »jours couverts«. — Un autre tableau, page 179, contient les mêmes indications pour un autre lac, le Slidrefjord.

Si le »temps couvert« exerçait une influence essentielle sur la marche du refroidissement, on pourrait s'attendre à voir apparaître dans ces tableaux une règle fixe. Mais ce n'est pas le cas et il y a donc lieu de conclure que cet élément météorologique ne joue qu'un rôle secondaire dans la détermination du jour où le lac se trouve congelé.

C'est ce qui arrive aussi avec le temps pluvieux ou neigeux. Dans les tableaux pages 186 et 187, j'ai noté, à côté de la date de congélation, la hauteur de la pluie (et de la neige fondue) tombée pendant la période de refroidissement.

Il ne ressort pas non plus du tableau page 191 qu'on puisse donner une règle certaine établissant que la force moyenne du vent influe d'une façon essentielle sur l'époque à laquelle le lac se prend.

Mais si l'on peut dire que ces éléments météorologiques n'ont pas, en général, d'influence essentielle sur la marche du refroidissement, il n'en est pas moins vrai qu'ils jouent un rôle important dans le développement de la couche de glace. Car si le refroidissement est déjà si avancé que la congélation est devenue imminente, le développement du tapis de glace ne dépendra plus alors que d'un temps favorable pour cela.

Des observations notées page 184 sur les conditions atmosphériques (lesc chiffres désignent la quantité de nuages d'après l'échelle 0 = serein, jusqu'à 10 = couvert), il découle que notre plus grand lac se congèle ordinairement lorsque le ciel est clair ou légèrement nuageux.

Les études faites sur plusieurs de nos lacs ont prouvé que la force du vent est un agent important dans la formation de la glace. Le vent souffle t'il avec violence, les aiguilles de glace déjà formées se souderont difficilement entre elles pour constituer la couche de glace, et l'agitation de l'eau, en mêlant les couches inférieures aux couches supérieures, réchauffera celles-ci et les empêchera de se congeler.

Dans la seconde partie du chapitre 5 (page 197), j'ai étudié l'influence des facteurs locaux.

Parmi ceux-ci, la profondeur de l'eau (*»dybet«*) est le plus important. Afin de déterminer le rôle de ce facteur, j'ai groupé nos lacs en:

1. Lacs peu profonds (*»grunde sjøer«*, profondeur jusqu'à 30 mètres). 2. Lacs d'une profondeur moyenne (*»sjøer af middels dyb«*, profondeur 30 à 100 mètres). 3. Lacs profonds (*»dybe sjøer«*, profondeur 100 à 200 mètres). 4. Lacs très profonds (*»meget dybe sjøer«*, profondeur au dessus de 200 mètres).

Dans chaque groupe j'ai calculé combien de semaines s'écoulent à l'ordinaire, pour les différents lacs, depuis la date à laquelle la température moyenne de l'air sur le lac en question égale 0 degré jusqu'à la date normale de la congélation.

Nous voyons par le tableau page 199 que cet espace de temps comporte en général pour les lacs peu profonds une durée de 1 semaine et demie à 3 semaines.

Dans les lacs de profondeur moyenne il s'écoule ordinairement 4 à 8 semaines depuis le jour où la température moyenne égale 0 degré jusqu'au point de la congélation (tableau page 202). L'espace de temps varie suivant les circonstances, la profondeur moyenne et les conditions climatologiques.

Pour nos lacs profonds et très profonds (tableau page 205) 10 à 12 semaines sont en général nécessaires. Mais pour ceux de nos lacs qui se trouvent sous un climat d'hiver doux, le refroidissement ne pourra pas se continuer en général pendant aussi longtemps, il sera interrompu, et il arrivera normalement que la glace ne pourra pas envahir la surface de ces lacs.

L'influence de la profondeur de l'eau ressort clairement lorsqu'on examine la situation de certains de nos lacs situés sous un climat uniforme. La planche 11 a une courbe représentant la température normale de l'air sur certains de nos lacs. J'ai indiqué sur cette courbe quand ces différents lacs ont coutume se congeler. On peut voir par là que la congélation normale se produit à des époques très différentes, mais qu'elle se produit, pour chacun d'eux, suivant leur profondeur moyenne.

Si l'on examine la planche 10, on y verra que, sur les courbes qui représentent la température normale de l'air à environ 30 de nos stations météorologiques, j'ai indiqué en bleu l'espace de temps pendant lequel la glace a couvert les lacs qui avoisinent chaque station.

Ces descriptions graphiques montrent que la température de l'air et la profondeur de l'eau ont été les facteurs les plus importants pour déterminer l'époque de la congélation de ces différents lacs.

Nous pourrions supposer qu'outre la profondeur de l'eau il existe aussi d'autres facteurs qui jouent un rôle dans la marche du refroidissement. Il serait ainsi permis de penser que la date de la prise d'un lac

par les glaces dépendait de facteurs tels que: les affluents des lacs (*«sjoernes tillob»*), les courants (*«strømme»*), la forme et l'étendue des lacs (*«sjoernes form og størrelse»*), leurs environs (*«omgivelsene»*) etc.

J'ai consacré une partie spéciale de mon livre à l'étude de chacun de ces facteurs afin de déterminer jusqu'à quel point leur influence était en jeu (page 212—223). Je suis cependant arrivé à la conclusion que leur action, sur nos plus grands lacs, était toute secondaire. Quelques-uns d'entre eux, il est vrai, peuvent sembler avoir une certaine influence, mais le retard ou l'accélération qu'ils apportent à la congélation est tout au plus de quelques jours.

L'action de ces facteurs peut cependant s'exercer d'une façon relativement plus grande sur nos petits lacs et peut par conséquent jouer un rôle dans la détermination de la date de la prise du lac.

Dans un appendice au chapitre 5, page 224, j'ai étudié la congélation des lacs polaires (*«kolde sjøer»*).

Nous possédons dans nos régions des glaciers de tels lacs qui ne sont pas réchauffés en été jusqu'à la température de la densité maximum de l'eau et où l'on trouve toujours par conséquent une stratification inverse.

Dans ces lacs, où la température de la surface est au dessous de 4°, celle-ci peut se refroidir sans qu'il soit besoin d'une uniformation de la température dans les couches profondes. En conséquence l'époque de la congélation sera ici indépendante de la profondeur de l'eau.

Le rôle des éléments météorologiques est également assez différent de celui qui leur a été attribué pour les autres lacs.

Dans les lacs polaires qui ont une période de refroidissement très courte, la température de l'air n'aura pas, toutes proportions gardées, une action aussi prépondérante que dans les autres.

Dans ces lacs, où la congélation est toujours imminente, elle dépendra beaucoup des autres éléments météorologiques.

J'ai mentionné à la page 225 une observation qui prouve ce fait d'une manière éclatante.

Quelques-uns de nos lacs polaires ont une congélation exceptionnellement prématurée. Certains d'entre eux, pendant des étés froids, ont été tout le temps couverts de glace. Il y en a qui se congèlent à la fin d'Août ou au commencement de Septembre.

Dans le dernier chapitre, page 227, je traite de la formation de la glace (*«isens dannelse»*), de l'accroissement de son épaisseur (*«isens vekst»*) et de sa débâcle (*«isløsningen»*).

De même que pour les autres procès de cristallisation, la formation de la glace se produit par suite d'une extension de la cristallisation partant de points fixes.

La rapidité avec laquelle les aiguilles cristallisées se soudent entre elles dépend d'une façon essentielle de l'état d'agitation de la surface. Elle dépend en outre de la température des couches supérieures et du degré de refroidissement qui se produit à la surface. Dans des circonstances favorables, un tapis de glace relativement épais peut se former avec une rapidité étonnante. C'est ainsi que je cite plusieurs cas où l'on a pu traverser nos plus grands lacs sur une couche de glace vieille d'une nuit seulement.

L'accroissement de l'épaisseur de la glace par unité de temps dépend de plusieurs facteurs, d'abord de l'épaisseur de la glace, de la température de la surface de la glace et aussi de la température de l'eau au dessous de la couche de glace.

Les mesurages de glace que je possède montrent qu'il n'y a pas une grande différence dans l'épaisseur de la glace sur nos différents lacs, même si ceux-ci sont situés sous des climats différents. En général, la glace de nos lacs a une épaisseur de 0.4 m. à 0.5 m.; on a observé par exception 0.7 m. — Les mesurages ont démontré que la glace continue de s'épaissir pendant l'hiver jusqu'au moment du printemps où la température moyenne monte normalement au dessus de zéro.

Dans le courant de l'hiver il se produit une modification dans la structure de la glace, celle-ci se désagrègeant en général de plus en plus à mesure que l'hiver s'avance.

Lorsque la chaleur, à la surface d'un lac pris par les glaces, est telle que la température s'élève au zéro, la glace commence alors à fondre. Si, au courant de cette opération, la chaleur qui arrive à la glace est plus forte que celle qui s'en dégage, la fonte continue. La couche de glace diminuera donc continuellement pour disparaître bientôt tout à fait. La débâcle aura lieu lorsque l'eau commencera d'apparaître entre les glaces.

L'époque à laquelle ce phénomène se produit dépend tout aussi bien de facteurs météorologiques que de facteurs locaux.

Je me suis servi, pour obtenir la connexion qui existe entre l'époque de la débâcle des glaces et la marche de la température de l'air, des descriptions graphiques déjà citées.

Cette étude, traitée de la page 237 à la page 244, montre qu'il existe une connexion plus grande entre la débâcle des glaces et la marche de la température de l'air qu'entre cette dernière et la congélation.

Les résultats des recherches concernant l'influence des éléments météorologiques sur la débâcle des glaces peuvent être résumés dans les points suivants.

1°. La fonte des glaces ne se produisant jamais dans nos lacs avant que la température moyenne du jour ne monte au dessus de zéro, l'époque normale de la débâcle doit donc toujours arriver quelque temps après la date normale à laquelle la température a atteint le zéro.

2°. L'espace de temps entre ces deux époques dépend essentiellement de la hauteur au dessus de zéro à laquelle se maintient la température de l'air. Il est aussi, à un degré secondaire, soumis à l'influence des autres éléments météorologiques et, parmi ceux-ci, on doit supposer que le vent exerce une action accélérante.

3°. Avec du vent et lorsqu'il y a déjà des ouvertures dans la glace, la fonte avance très rapidement, le vent pouvant alors mêler ensemble les couches supérieures de l'eau, ce qui amène une attaque simultanée en dessus et en dessous de la glace.

A côté des éléments météorologiques quelques autres facteurs peuvent probablement aussi avoir de l'influence sur l'époque de la débâcle. C'est ainsi qu'on peut nommer l'épaisseur de la glace (*»isens tykkelse«*), sa structure (*»struktur«*), la présence sur la glace de la neige et d'autres corps étrangers (*»sne paa isen«*), les courants (*»strømme«*) et enfin le bris artificiel de la glace (*»kunstig opbrydning af isen«*). J'ai examiné pour chacun de ces facteurs en particulier jusqu'à quel point leur action s'est fait sentir lors de la débâcle dans nos différents lacs. Le résultat de ces recherches a démontré qu'aucun d'eux n'a dû avoir en général une bien grande influence.

Il a cependant pu arriver dans certains de nos lacs que ces facteurs ont agi simultanément ce qui a produit un effet plus remarquable.

A cet égard il y a donc une différence avec ce qui se passe pour la congélation.

Tandis que l'époque de la prise des glaces dépend essentiellement de facteurs locaux, et particulièrement de la profondeur, ces mêmes facteurs ne jouent qu'un rôle secondaire dans la détermination de l'époque de la débâcle.

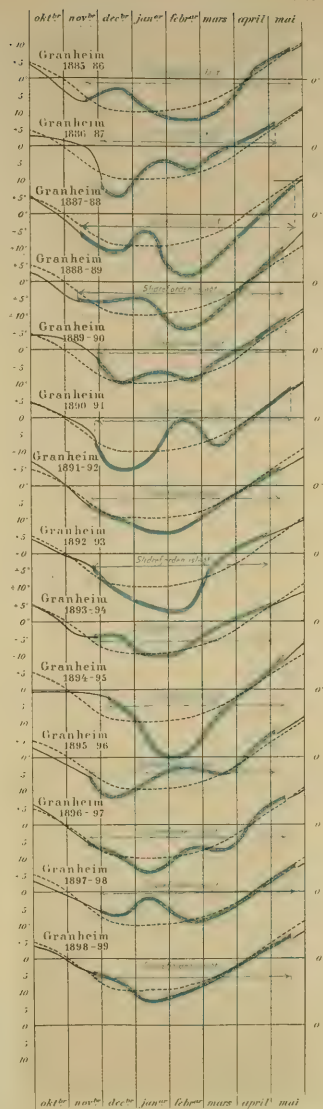
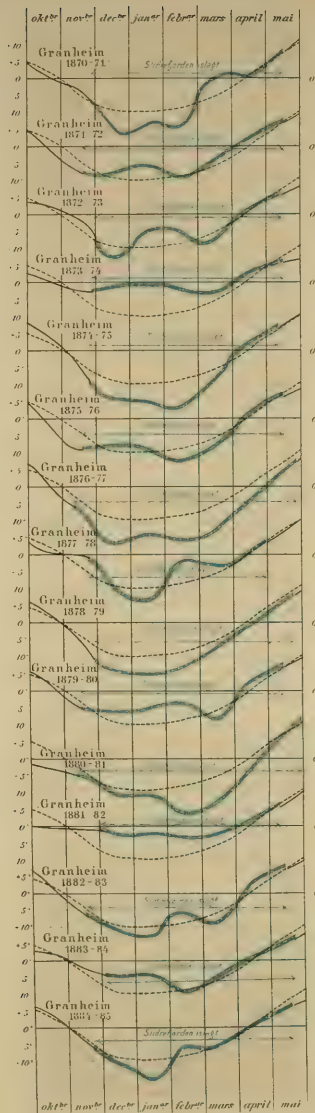
Il est presque impossible de donner une description générale de la marche de la congélation dans notre pays. La profondeur de nos différents lacs est trop dissemblable pour qu'on puisse obtenir un résultat concluant. Mais, par contre, pour la débâcle, on doit pouvoir employer une description générale. J'en ai donné une à la planche 12. Sur cette planche, j'ai tracé des courbes passant par les points où la débâcle s'est

produite à la même date. On trouvera à côté d'autres courbes en rouge; celles-ci passent par les endroits où la température moyenne quotidienne de l'air a égalé zéro à la même date. Nous voyons que ces deux courbes ont en général un cours très parallèle.

L'époque de la fonte des glaces étant en relation très étroite avec le climat d'un lieu, on peut aussi inversement obtenir des résultats donnant une idée de la climatologie d'une contrée lorsqu'on y connaît l'époque de la débâcle.

En observant la marche de la fonte des glaces dans nos lacs on peut, à mon avis, se faire une idée essentielle des progrès du printemps.

*o**o**o**o**o**o**o*



o

o

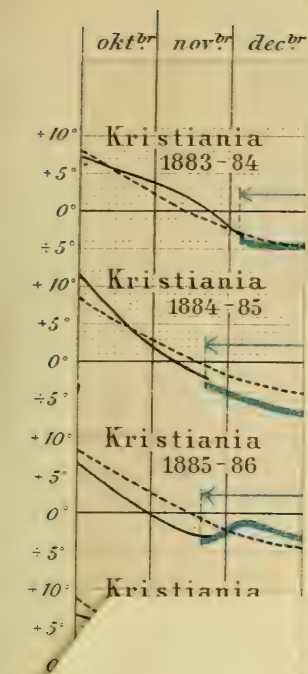
o

o

o

o

o



0

0

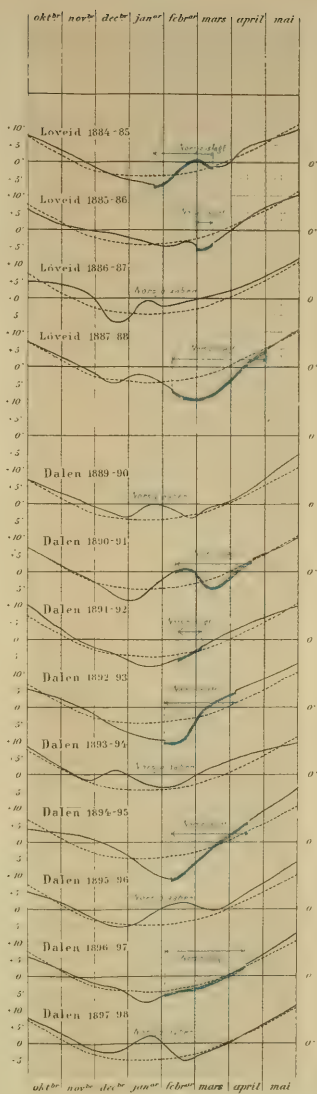
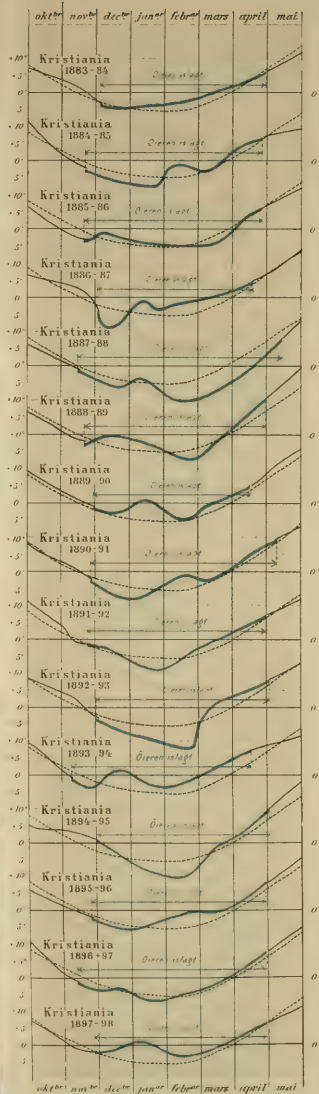
0

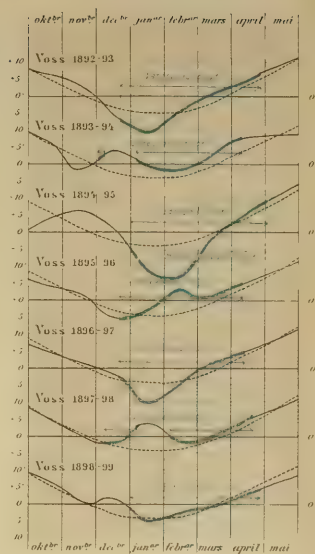
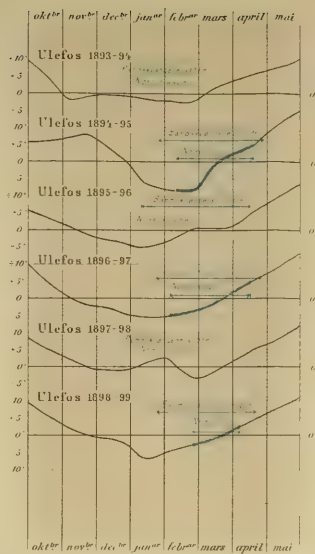
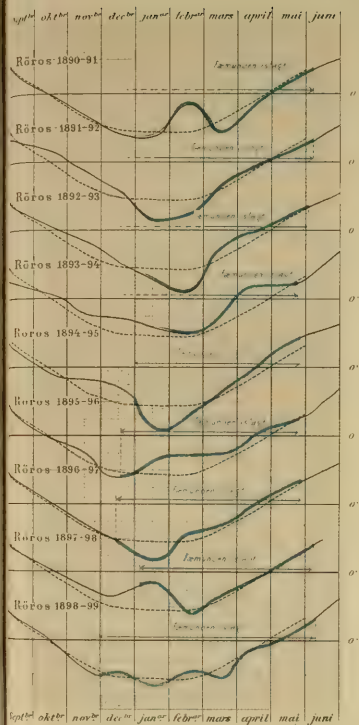
0

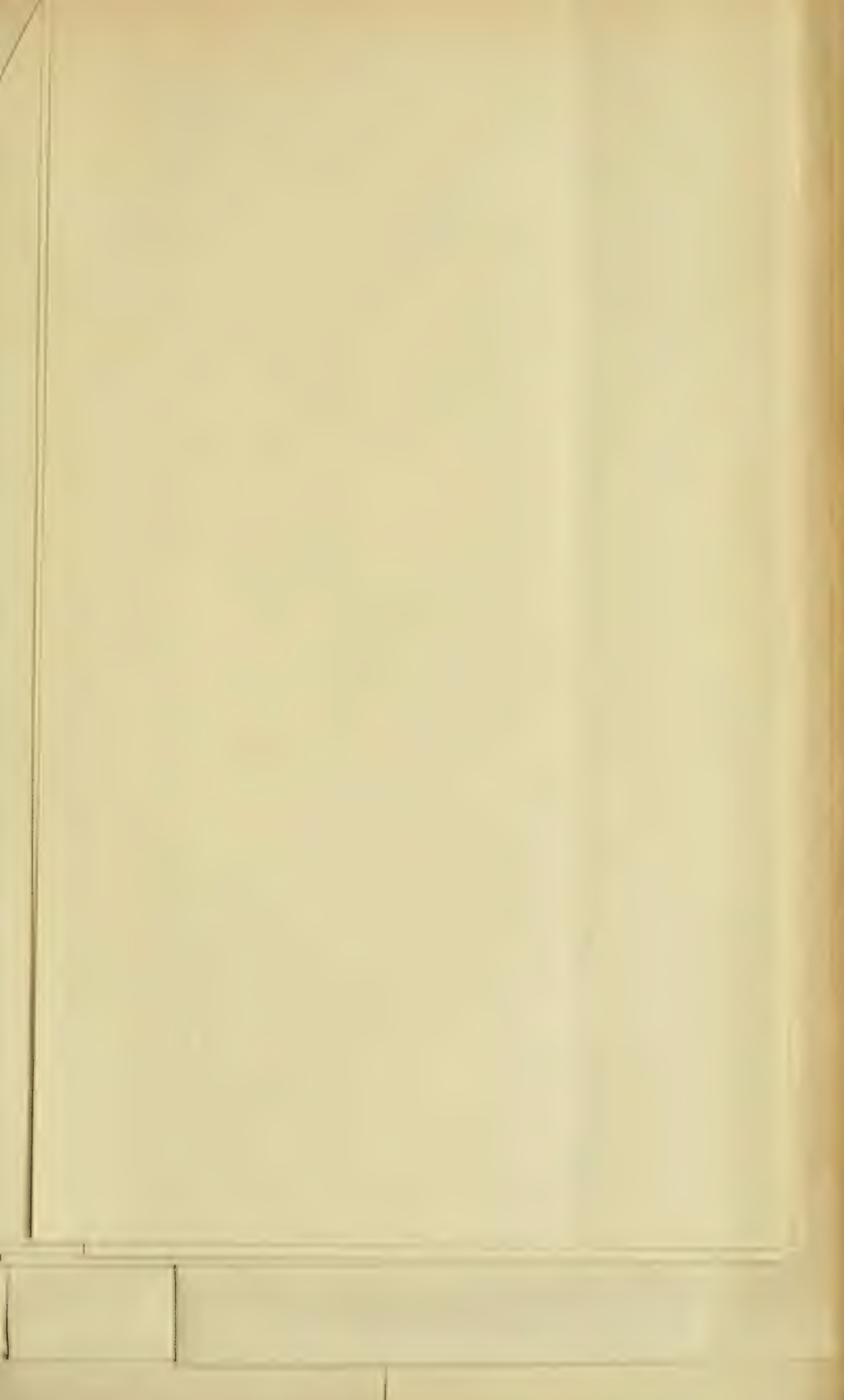
0

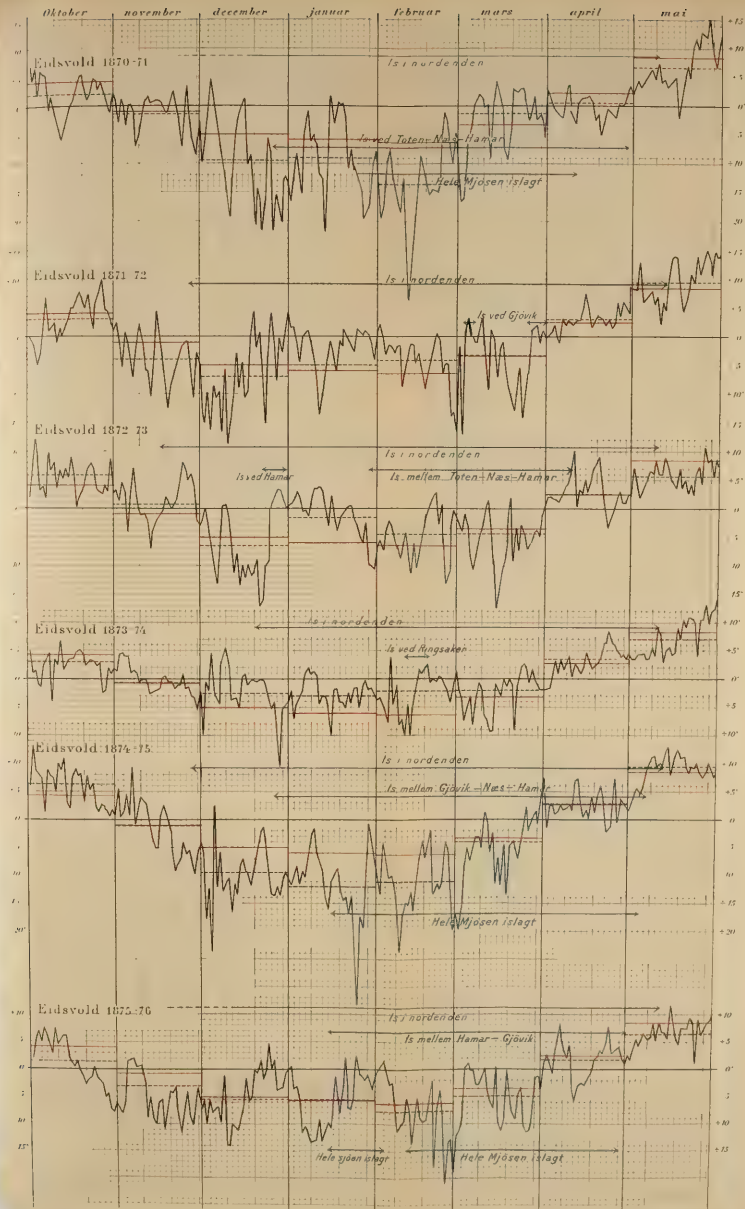
0

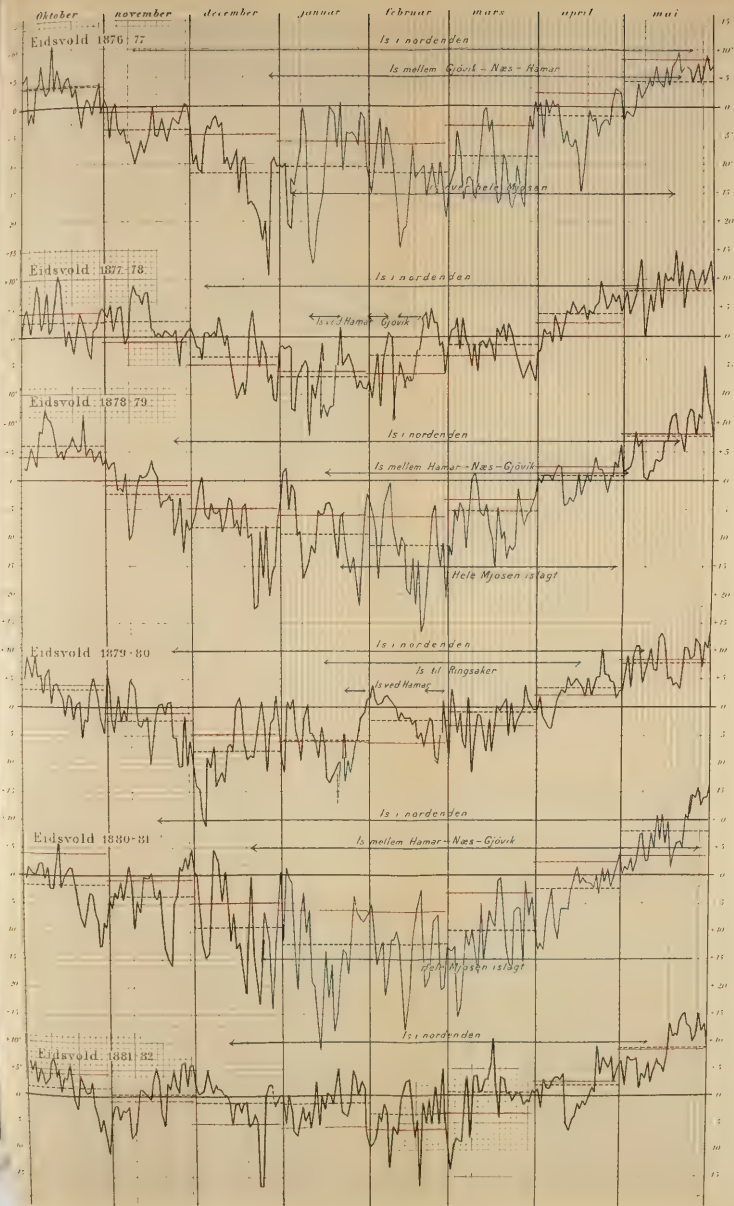
0

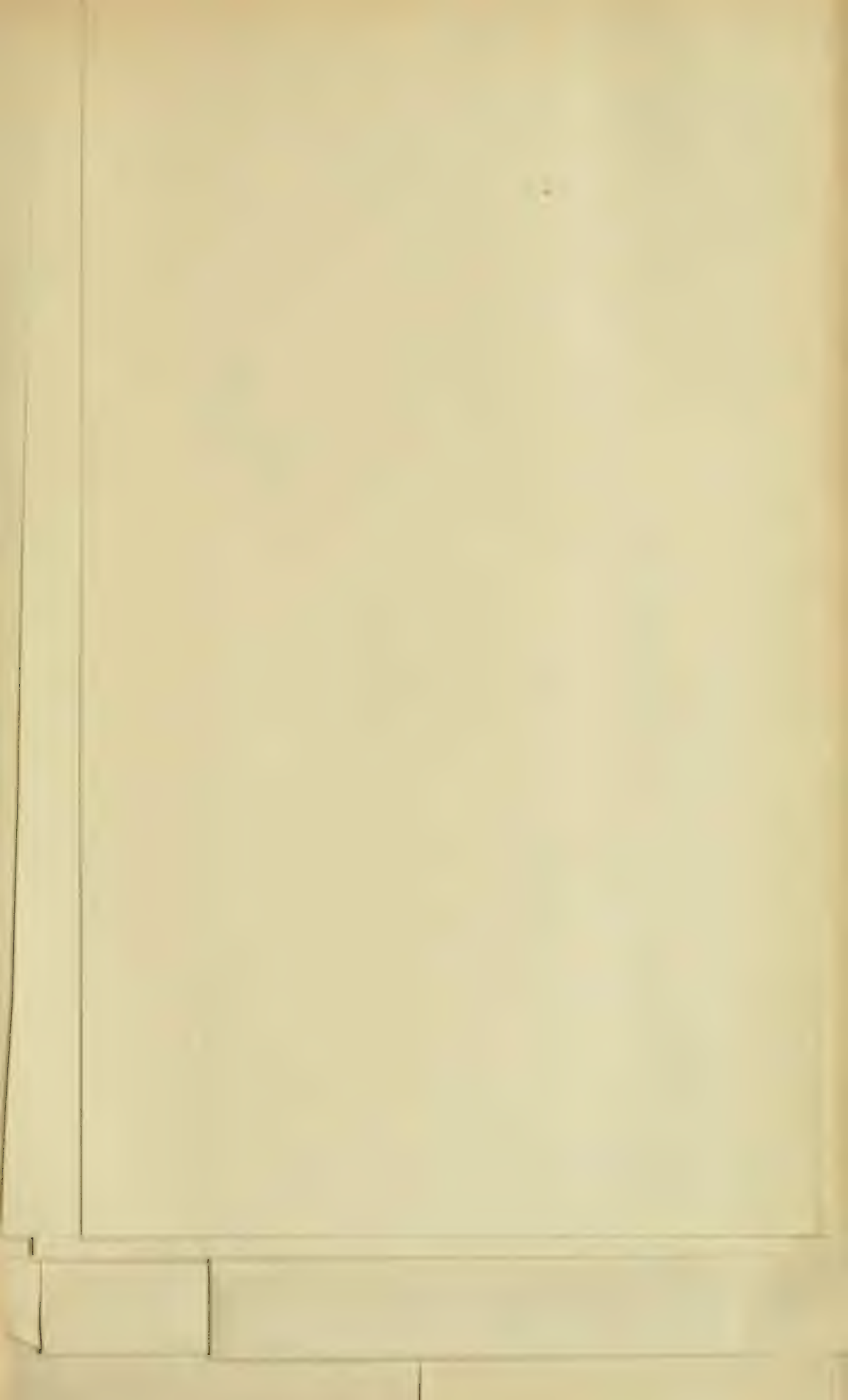


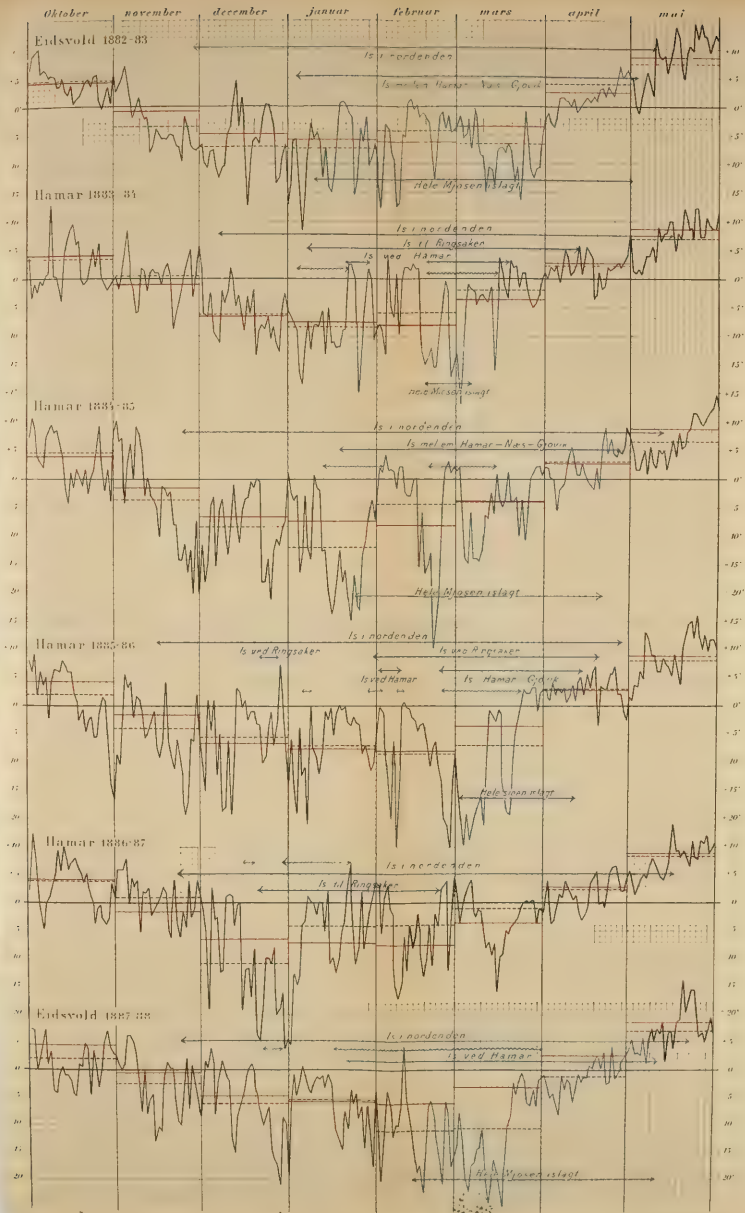




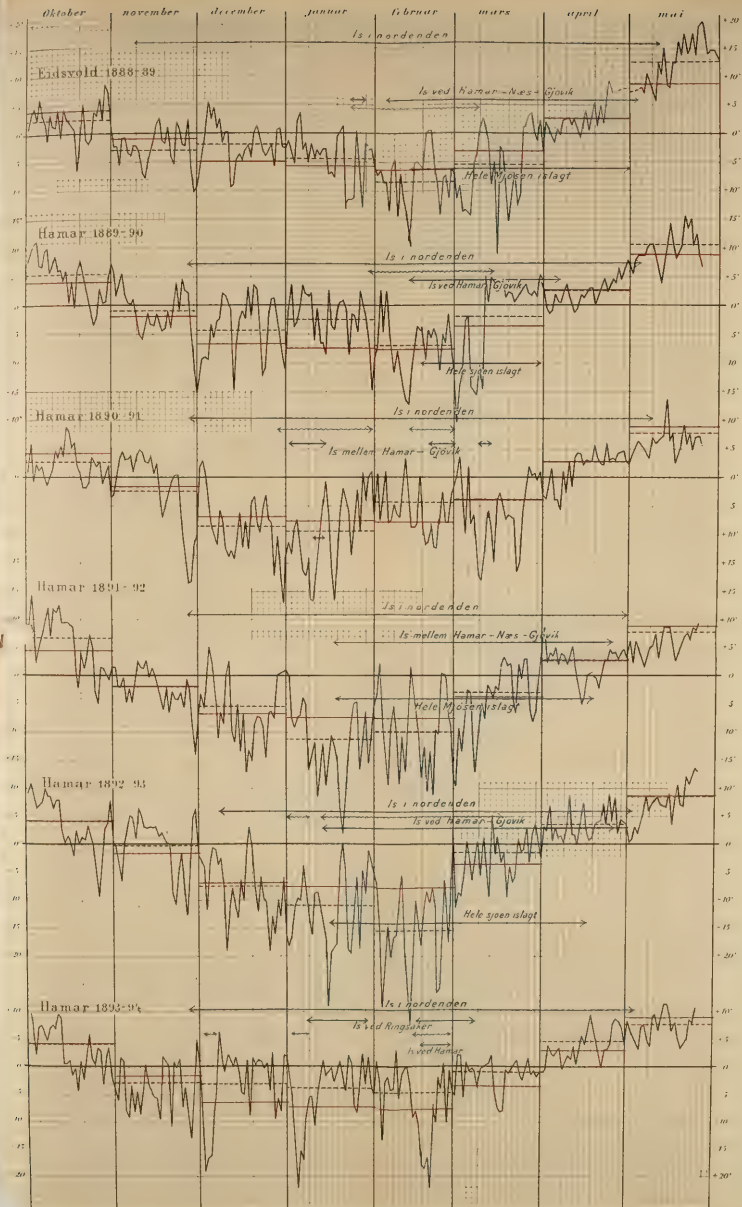


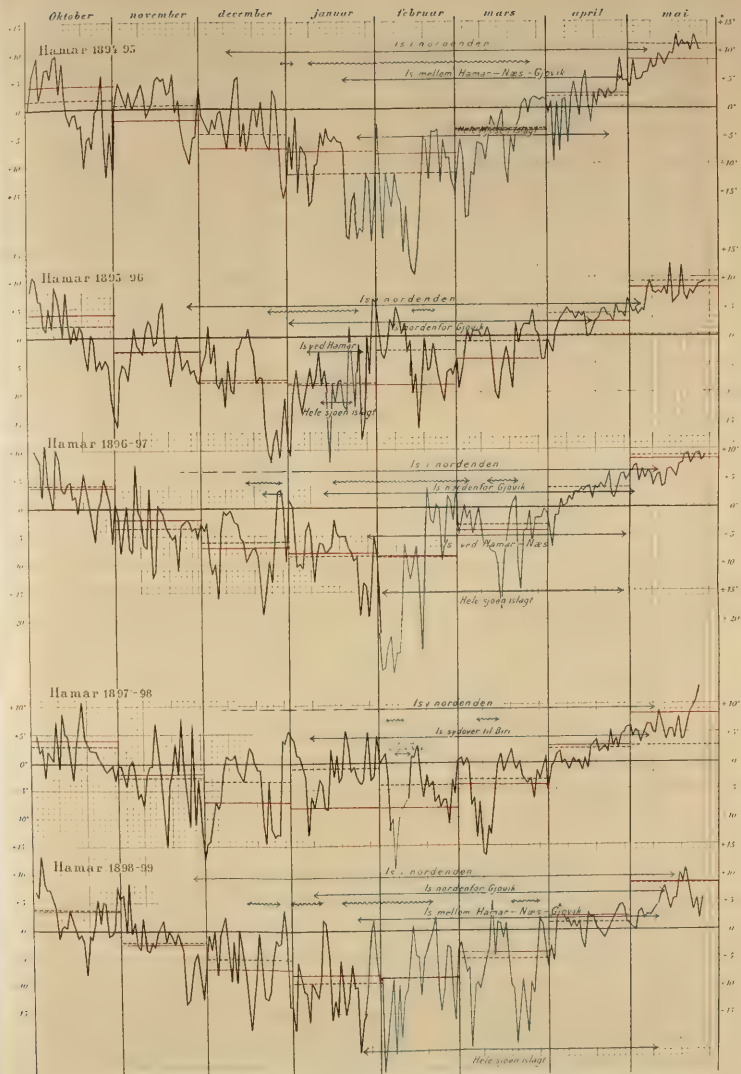


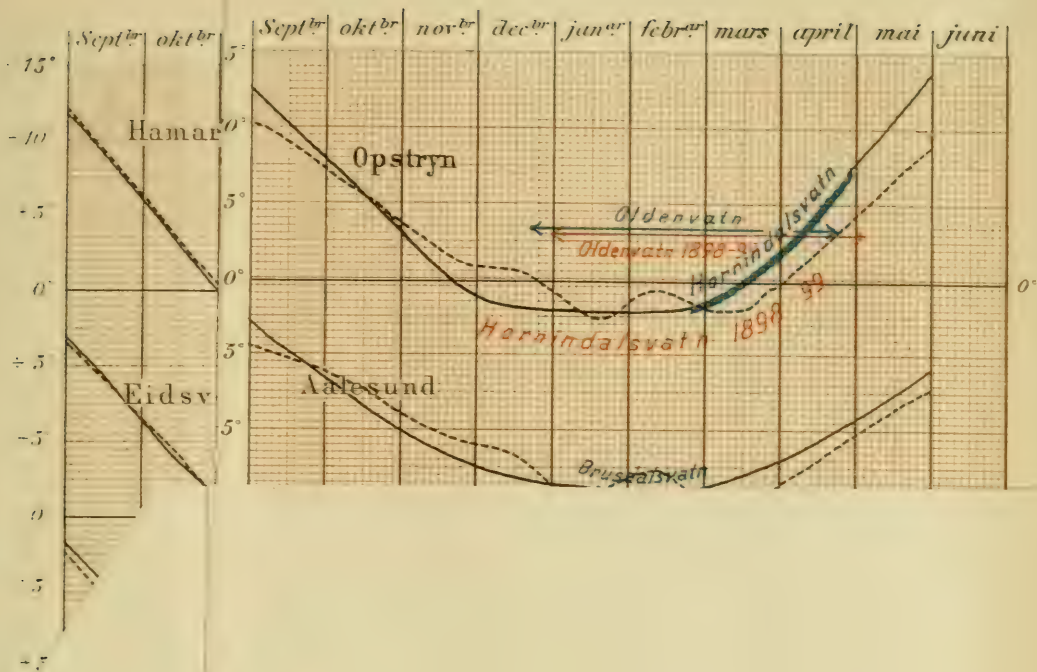


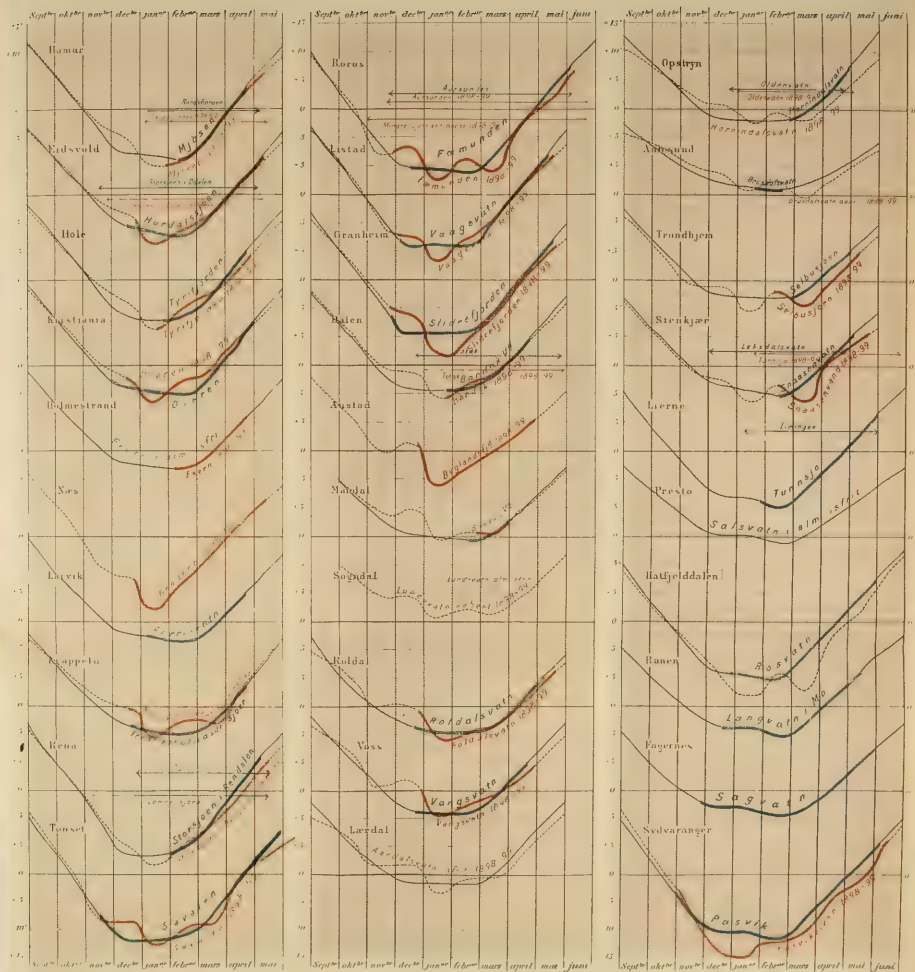










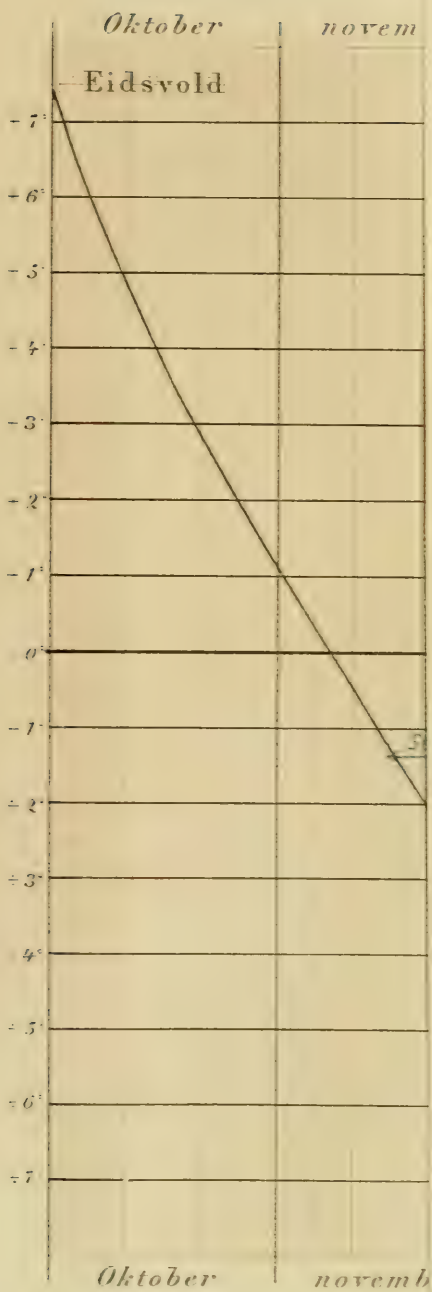


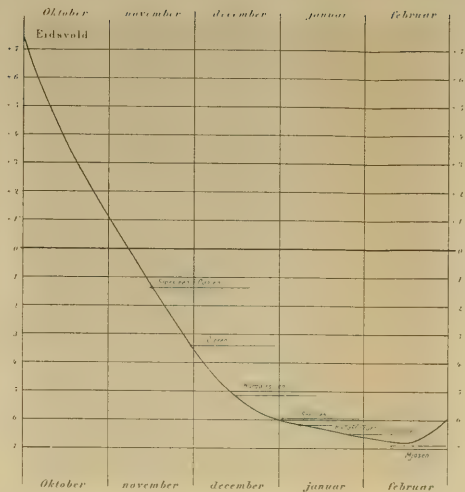
— — — betegn. normale månedstemperaturer

..... betegner mandtmandsler 1898 99

~~belegger~~ betegner den tid, hvort der normalt pleier at ligge i paa indlysnat

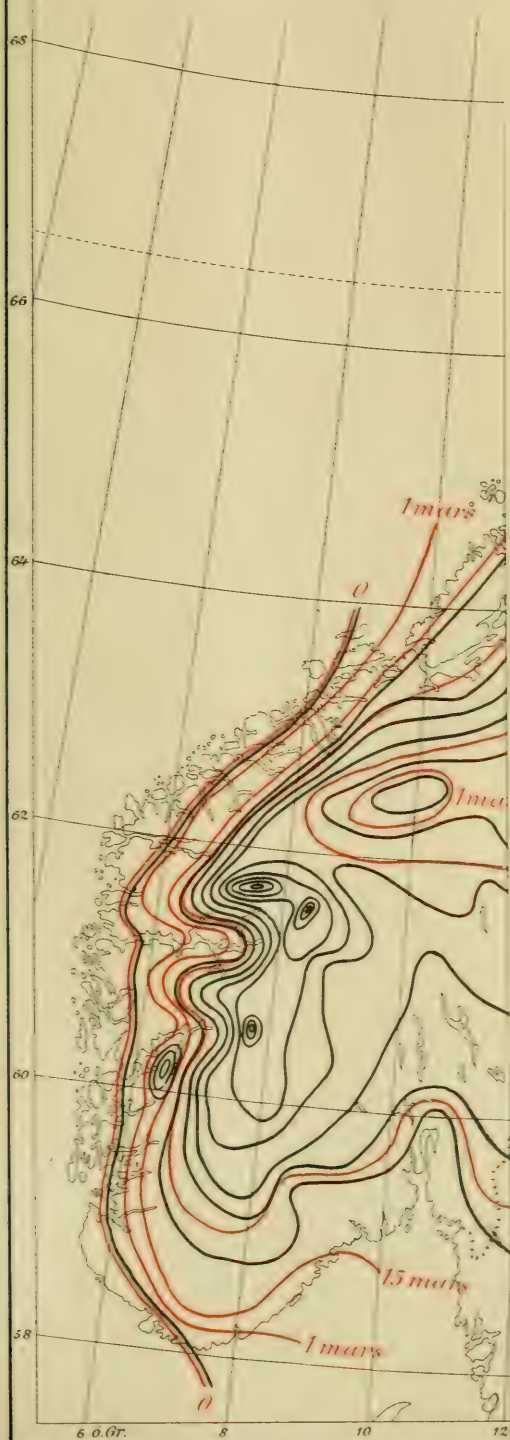
~~beträgande~~ beträffande utläggningen i 1898-99





Kurver optrukne gjennem
hvor islösningen foregår

Med rødt optrukne kurver betegner i



Norske Kranietyper

Efter Studier i Universitetets anatomiske Instituts
Kraniesamling

Af

C. F. Larsen

(Med 5 Plancher)

Videnskabselskabets Skrifter. I. Matematisk-naturv. Klasse. 1901. No. 5

Tillæg

1. Den mørkhaarede Gruppens brachycephale Form.
2. Sognetypen.
3. Den trønderske meso-brachycephale Type inden nulevende Befolkning.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Christiania

I Kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers Bogtrykkeri

1901

Fremlagt i M-N. Klases Møde 27. Septbr. 1901.

Universitetets Samling af norske Kranier er i Løbet af de senere Aar stærkt forøget og omfatter nu et meget værdifuldt Material for Undersøgelsen af den norske (saaledes ogsaa den hele skandinaviske) Befolknings typiske Kranieformer i ældre Tider. Siden *Barth* i 1896 udgav sit fortjenstfulde Arbeide over de dengang tilgængelige Fund,¹ er tilkommet flere nye, som muliggjør en videre Udsigt over disse Forhold. Det Material, som for Tiden foreligger, er fornemmelig nyt hvad den senere Middelalder angaar (14de—16de Aarh.), medens Materialet fra den ældre historiske og fra forhistorisk Tid endnu er temmelig sparsomt. Det bliver saaledes det førstnævnte Material, som kan danne Grundlag for videregaaende Undersøgelse i typologisk Retning.

Ved velvillig Imødekommenhed af Samlingens Bestyrer, Hr. Prof. Dr. *G. Guldberg*, er jeg sat istand til at foretage en Del saadanne Studier. Idet jeg udtaler min forbindtligste Tak herfor, skal jeg i det følgende forsøge at give en kort Udsigt over endel af de derunder gjorte Iagttagelser.

Det middelalderske Material bestaar af tre større Fund fra *Oslo*, tilsammen omtrent 90 Kranier,² et Fund fra *Tønsberg* (56 Kranier), et fra *Sole* paa *Fæderen* (30 Kranier), et fra *Gimse* ved *Skeen* (28 Kranier), et fra *Trondhjem* (153 Kranier, men mange defekte) og endelig et lidet Fund fra *Ringsaker* (15 Kranier). Samtlige undtagen Jæderfundet antages at vedrøre Perioden 1300—1600. Jæderfundet rækker kanske omtrent ligesaa langt tilbage, men strækker sig ogsaa ind i den senere Tid, idet den Begravelsesplads, hvor de er fundne, benyttedes indtil noget ud i forrige Aarhundrede. Af de nævnte Fund

¹ *Justus Barth* Norronaskaller 1896 (trykt som Universitetsprogram).

² Et ganske nylig tilkommet mindre Fund er ikke medtaget.

er Ringsaker-, Trondhjems- og Skeensfundet tilkommet, efterat *Barths* Arbejde var affattet, Jæderfundet vistnok før dets Afslutning men ikke der optaget til nærmere Behandling. De Landsdele, som ved dette Material er repræsenteret, bliver saaledes fornemmelig den sydlige og sydvestlige Kyststrækning, den sydøstlige Del af Indlandet og Trondhjemsfjordens Omgivelser. Urepræsenteret bliver en større Del af det vestlige Norge.

Ved Sammenstilling af disse Kranier har jeg dels gaaet ud fra Maaleresultater, dels fra de Formforhold, som for den umiddelbare Betragtning har vist sig karakteriserende større eller mindre Grupper. Hvad Maalsforholdene angaar, da har de selvfølgelig sin store Betydning, men paa Grundlag af disse alene at opstille Typer vil aabenbart ikke være muligt. Ialfald maatte vel da et saa stort Antal Specialmaal tages, at Fremgangsmaaden praktisk taget blev umulig. Lettere og sikkrere turde det være fra først af at gaa ud fra den Karakteristik, som Formen giver, og derefter foretage sammenlignende Maaleundersøgelser. Det er saaledes de nedenanførte Grupper er dannede. Det har dog ogsaa herved vist sig, at Resultaterne af Maal i stor Udstrækning slutter sig til og bekræfter en paa karakteristiske Formforskjelligheder opstillet Gruppering.

Det, som for Undersøgeren snart paatrænger sig, er vistnok paa den ene Side en relativ Ensartethed inden de fleste Fund, medens der paa den anden Side i alle Fund dog fremtræder flere forskjellige typiske Former. Der kan næsten overalt adskilles nogle paa de forskjellige Steder i flere Henseender ligeartede Hovedformer, men disses relative Mægtighed kan være temmelig forskjellig. Herved kan de enkelte Fund faa et forskjelligt Præg. Undertiden sees mere specielle Kranieformer bundne til et enkelt eller et par Fund. Man faar saaledes det Indtryk, at Befolkningen i den Periode, hvorm her er Tale, vel i sin Helhed kun har været sammensat af nogle faa Typer, men at den dog i de forskjellige Landsdele har havt noget forskjelligt Præg.

Vil man forsøge en bestemt Karakteristik af Kranieformerne, saa bliver Vanskelighederne snart følbare. De mere let gjenkjendelige typiske Kranier forekommer sjelden i større Mængde, medens mere ubestemte eller over i hinanden gaaende er det almindeligste. Ofte kan det da blive omtrent umuligt med nogenlunde Sikkerhed at gribe Grændsebestemmelser. Der findes Overgange og Variationer, som ofte forviske, hvad man kunde være tilbøielig til at anse for sikkre Mærker. I Virkeligheden er der vistnok hos det store Flertal Blandingsforhold tilstede, medens der dog paa samme Tid synes at være et lidet Antal Exem-

plarer, som repræsenterer den mere oprindelige Type, om ikke i enhver Henseende saa dog i det væsentlige. Selvfølgelig kommer man her ind paa et Omraade, hvor forskellige Opfatninger ofte vil kunne gjøre sig gjældende, saameget mere som man kjender lidet til de *Variationer, der kan forekomme inden den enkelte Type*, og som synes at kunne være ikke ubetydelige, endog om Blanding ikke tages i Betragtning. Naar jeg i det følgende har forsøgt en Sammenstilling af forskellige forekommende Kranieformer og derunder foretaget en Inddeling i Grupper, der giver Indtryk af Typeenhed (absolut eller relativ), da er det skeet gennem Udvalg af Kranier, som har vist sig mest overensstemmende i sin Helhed. Ved Sammenstillingen har jeg dog paa Grund af det ringe Antal, over hvilket der efter et saadant Udvalg kan disponeres, fundet kun at burde medtage de, som ved Siden af udtalt Karakteristik ikke frembød for stor Forskjellighed i de væsentligste Maal, da en saadan enkelt betydeligere Afvigelse i høi Grad kunde forandre Middeltallene og desuden vakte Tvivl om stærkere virkende Blandingsforhold.

Den Fremgangsmaade, som er benyttet, stemmer saaledes i det væsentlige med *A. Retzius's* ved hans Bestemmelse af den svenske Hovedtype og *J. Barths* ved hans Opstilling af »Vikingtypen«.

Den Mening, at Norges Befolkning er en typisk ensartet Masse, har allerede for en Tid siden maattet vige for de Kjendsgjæringer, som tyde paa, at den er sammensat af typisk forskjelligartede Dele. Ligesom man i vore skandinaviske Nabolande allerede fra *Sven Nilssons*, *A. Retzius's* og *Eschrichts* Kranieundersøgelser havde optaget Theorien om to forskellige Folketyper, en dolichocephal og en brachycephal Type, saaledes brød den samme Opfatning igjennem ogsaa her i Landet paa et noget senere Tidspunkt, nærmest gennem *Arbos* Undersøgelser af den levende Befolkning. Efterat et større Kraniematerial var samlet, gik man endog videre og talte om Muligheden af, at der eksisterede flere Typer (*Barth l. c.*), uden at der nærmere paapegedes, hvorledes dette Forhold i det enkelte stillede sig. Lignende Udvikling sees i Sverige. Specielt kan nævnes, at *G. Retzius* i sit Plancheværk over ældre svenske Kranier antager foruden en væsentlig ensartet dolichocephal tillige to brachycephale Typer.

Som ovenfor nævnt har allerede den ældre *Retzius* opstillet en Kranieform som den typiske for Svensker, idet han til dens nær-

mere Bestemmelse benyttede nogle Kranier, som syntes ham at være af eiendommelig og ensartet Dannelse. En nær overensstemmende Type er senere bestemt af *Ecker* efter sydtyske Kranier under Benævnelsen »Reihengräbertypen« og hos os efter Undersøgelse af de ældre norske Kranier som »Vikingtypen«.

Undersøgelsen af de her omhandlede Kranier fra Middelalderen viser vistnok hen til, at den nævnte Type i forskellige Modifikationer og vel for en stor Del i Blandinger maa antages at have været almindelig talt den hyppigst forekommende. Dog har den paa den Tid, fra hvilken disse Kranier stamme, neppe været overveiende hyppig i sin mere bestemt udprægede og karakteristiske Form. Der findes et relativt stort Antal Kranier, som maa opfattes enten som Varieteter af denne Type eller som Blandingsprodukter.

Typen er præciseret af *A. Retzius* og senere af de ovenfor nævnte Undersøgere, saa at en yderligere almindelig Karakteristik vil være unødvendig. Som Udgangspunkter for den senere korte Omtale af endel andre Former, der forekomme blandt de norske Kranier, skal dog her antydes enkelte af dette Kraniums mere betegnende Eiendommeligheder.

Det har en mer eller mindre, oftest temmelig stærkt, skraanende Pandedel, bueformigt overgaaende i Forhovedplanet (hos kvindelige Individer dog hyppigt rettere og opad skarpere afgrændset Pande), udprægede Superciliarvulster, oftest en lidt fladtrykt sjældnere jævnt buet Issekurve, ligeledes hyppig men ikke konstant en fremstaaende Kjøllangs Sagittalsømme og en mindre fremtrædende tværgaaende langs Coronalsømme, lidet fremtrædende Issebuler, skraat affaldende Baghoved med fremstaaende ofte pyramidalformet Tuberositet af Baghovedbenet. Hovedskallens Gjennemsnit (*Norma verticalis*) er hos de mest udprægede Kranier almindelig ellipsoid, ogsaa hyppig kuneiform eller ovoid. Baghovedplanet har næsten lodrette, nær parallelle Sidebegrænsninger, er opad tilspidset, i det hele 5-kantet. Basis cranii er smal, Ansigtet midtleds bredt, høit, Næsen smal og lang. Processus alveolaris af Overkjæven høi. Profilet viser middels Ortognati. Øienhulerne er høie, almindelig svagt skraanende nedad udad (hos kvindelige Kranier mere horizontaltstaaende), Ganen smal. Længdebreddeindex er oftest dolichocephal eller svagere mesocephal (hyppigst 70—76), Høideindex omkring 70, i Middel noget lavere.¹

¹ *A. Retzius* opfører en høiere Middelkefalindex (77), medens *Ecker* for de af ham afbildede svenske Kranier har Middelindex 71; *Barth* har opstillet sin »Vikingtype« paa Grundlag af Kranierne med Index om 73.

Blandt de Kranier, som med Sandsynlighed kan henføres til denne Gruppe, forekommer imidlertid en stor Mængde Variationer i de enkelte Former. For en Del kan disse uden tvivl tilskrives Blanding, i andre Tilfælde tør der kun være Tale om Variation inden selve Typeformens Grændser. De mindre vel karakteriserede Kranier af denne Type frembyde ogsaa den særegne Vanskelighed, at de kan have Lighed med Kranier af en anden Befolkningsgruppe, den »brunette« Mesocephal. Denne er nu hyppig forekommende, og den har sandsynligvis eksisteret som temmelig om end mindre udbredt allerede i ældre Tider¹.

De Forskjelligheder, som man finder inden Vikingtypen eller som den i det følgende vil blive benævnt, den »norrøngermaniske« Type, kan angaa saavel Hovedskal som Ansigt. Her skal kun paapeges, hvorledes man generelt talt kunde opstille en lavere og en høiere Form, hvorledes Panden kan variere fra den stærkt tilbageløbende til den mere brat opstigende, Baghovedet fra det jævnt afrundede til det pyramideformet fremstaaende, Skallegjennemsnittet fra det udpræget ellipsoide til det kuneiforme eller maaske endog rhomboidale. Allerede Kranierne fra den ældre Jernalder viser saadanne karakteriserende Forskjelligheder. Det viser sig ogsaa, at visse Eiendommeligheder kan udpræge enkelte Fund (Ellipsoidformen hos Oslokranierne, Kileformen hos Trondhjemskranierne af denne Klasse).

Maaske de delvis vil kunne henføres til forskellige Typer eller Under typer (cfr. saaledes »Reihengräbertypen« og den lavskallede frisiske Type), delvis er Virkning af Blandingsforhold.²

Særlig Opmærksomhed har hos os Formen af Issebenene tiltrukket sig. Man har endog villet præcisere, at den skulde være forskellig hos Kranier fra den ældre og yngre Jernalder. *Barth* har fremhævet, at den ældre Jernalders Kranier er forsynet med mere fremtrædende Issebuler, *Arbo* afbilder et af Jæderkranierne som ældre Jernaldertype³ uden dog at angive, hvorpaa denne Antagelse er grundet.⁴

Dersom man kan gaa ud fra, hvad der har overveiende Sandsynlighed for sig, at de norske ældre Kranier med dolichocephal Kefalindex

¹ Om denne Gruppe videre nedenfor Tillæg 2. Naar her anvendes Betegnelser »brunet«, da betegner det idethele en mørkere Habitus, mørkt til sort Haar, mørkeblaa til brune Øine, noget mørkere Hudfarve, alt forøvrigt i flere Gradationer.

² De to Afbildinger Pl. I, 1 og 2, viser den lavere og den høiere Form i udprægede Exemplarer.

³ I »Stavanger Amt«, Videnskabsselskabets Skrifter f. 1895.

⁴ Senere Ytringer lader formode, at han ligesom *Barth* antager vort ældre Jernalders kranium for at komme ind under *Eckers* »Hügelgräbertype« (cfr. »Er der foregaaet nye Indvandring i Norden?« *Ymer* f. 1900 No. 1).

har været af samme Typus som de svenske,¹ saa vil en saadan Hypothese neppe kunne opretholdes. Men man stilles dog utvivlsomt overfor Spørgsmaalet om, hvorvidt de temmelig talrige norske dolichocephale Kranier med udprægede Issebuler og afsmalnende Forhoved kan sættes ved Siden af de elliptiske eller elliptiskovoide, hvorvidt udtalt kuneiforme tilhøre en konstantere Varietet eller denne Form er oprindelig o. s. v.

Jeg har, væsentlig for at kunne stille denne Gruppe ved Siden af de meso-brachycephale Grupper, som senere skal omhandles, samlet i de forskellige Fund et Antal efter min Opfatning mere udprægede Exemplarer af den og efter Maalinger paa disse beregnet endel Indices. Midlet for 6 Kranier var følgende:

Længdebreddeindex	72,5
Længdehøide	66,2
Breddehøide	91,3
Overansigts	56,1
Øienhule	84,5
Næse	48,7
Gane	73,7

Jeg skal senere komme tilbage til de enkelte Maal, paa dette Sted har jeg kun villet anføre disse Middeltal som Bidrag til den norrøn-germaniske Gruppens Karakteristik, saaledes som den optræder i vore middelalderske Kranier. Som man vil se, er de karakteristiske Mærker vel repræsenteret ved disse Tal, uagtet man neppe selv efter et saavidt omhyggeligt Udvalg tør sige, at samtlige Kranier er rene og ublandede.²

Hvad der maa tiltrække sig Opmærksomhed er den lave Længdehøideindex. Der er et Par Omstændigheder vedkommende Maalingen, som i denne Henseende kan have nogen Betydning, nemlig for det ene, at Længdemaalet er taget med Krumpasser til det mest fremstaaende Punkt af Baghovedet (største Længde) og saaledes i Middel bliver en Ubetydelighed større, end om den var taget som »gerade Länge« (s. hos Barth), dernæst at Høiden er maalt fra forreste Rand af Foramen magnum lodret paa Horizontalen ligeledes med Krumpasser og derved undertiden kanske vil falde en Ubetydelighed mindre, end om den var maalt til i Høide med høieste Punkt af Issen.

¹ Cfr. *G. Retzius Crania antiqua svecica*.

² Jeg tør ikke bestemtere udtale noget om, hvorvidt der blandt disse 6 Kranier findes kvindelige. De har alle de væsentlige Kjendetegn hos Typen; muligt er det, at et par med noget smalere Ansigter er kvindelige. Men Adskillelse af mandlige og kvindelige Kranier vil som bekjendt meget ofte være usikker.

Men om ogsaa ved de nævnte Modifikationer i Methoden Tallet vilde kunne blive lidt større, saa vil Høiden dog være liden, sammenlignet med den Høide, som *Ecker* og *v. Hölder* har fundet for den syd-germaniske Dolichocephal. *Eckers* Reihengraber har nemlig efter *Virchows* Beregning af de originale Tal en Høideindex af 72,2 (medens der dog ogsaa temmelig hyppig sees at forekomme enkelte Indices under 70); *V. Hölders* Maaling af *Württembergiske* Kranier viser en Høideindex af 75.6.

Det vil saaledes ligge nær at antage nogen Forskjel mellem de norske Dolichocephaler og de nævnte tyske. Større, kanske heller ikke gennemgaaende Overensstemmelse er der med de af *Virchow* undersøgte *frisiske* Kranier. Friserkranierne havde i det hele noget større Længdebreddeindex (77,5) og omfattede udentvivl ogsaa endel Repræsentanter for andre Typer, alligevel gik Høideindex ikke længere op end til i Middel 69,8.¹

Gruppens Middelindex vil sandsynligvis ligge indenfor det dolichocephale Omraade. Men dette udelukker ikke, at den kan strække sig udover dette, og det synes i Virkeligheden, som om den strækker sig langt over den mesocephale endog undertiden nær ind mod den brachycephale Grændse. Det tør dog ansees som mest sandsynligt, at denne Gruppe inden de her omhandlede Fund væsentlig omfatter Dolichocephaler og svagere Mesocephaler, maaske i mange Tilfælde som blandede Former, medens de fleste høigradig mesocephale (fra Index 78) og brachycephale Kranier tilhøre andre Typer. Indexgrænsen i og for sig kan dog ikke opstilles som almengjældende Mærke for den typiske Forskjellighed.

De enkelte Fund er som ovenfor bemærket i flere Henseender temmelig ligeartede, medens de i andre afvige ikke lidet fra hverandre. Før jeg gaar ind paa disse Særformer, som det er Hensigten herefter at omhandle, skal jeg give en kort Udsigt over Fundenes Indhold i typisk Henseende.

Oslofundene (»Sorengen«, »Tidemands Have«, »St. Maria Kirkegaard«), fremhæve sig ved talrige for en stor Del mere udprægede Kranier af den norrøn-germaniske Type. En Del af Dolichocephalerne maa dog kanske her som andetsteds antages at staa den tidligere berørte brunette

¹ *Virchow*: Beiträge zur physischen Anthropologie der Deutschen o. s. v. (*Ecker* har benyttet en Maaling af Høiden, som ikke tillader Sammenligning med de ved den sædvanlige Maaling fremkomne Tal), men ogsaa hans Maal af »ganze Höhe« er lidt afvigende fra den sædvanlige. Se nærmere nedenfor.

Type nærmere. Inden samtlige nævnte Fund forekommer kun ganske faa (i det hele 6) Brachycephaler eller høigradigere Mesocephaler. Fornemmelig Sørenskranierne udmærker sig ved en relativt stor Bredde over Forhovedet og en deraf betinget ellipsoid Form. Et par af Kranierne i Sørensfundet og et enkelt i Fundet fra »Tidemand's Have« viser Ansigtformer, som minder om et Samlingen tilhørende eiendommeligt Kranium fra Stenalderen (se nærmere nedenfor Text og Planche), en Lighed som forøvrigt i ringere Grad sees noget hyppigere i disse Fund. Et par andre ligner den nedenfor omhandlede »Tønsbergtype«. Blandt Kranierne fra Mariakirkegaarden tiltrækker et stærkt platycephalt kvindeligt Kranium sig Opmærksomhed ved Lighed med kunstigt deformerede Kranier fra det sydlige Europa. Det tør dog vel maaske antages at være af naturlig Form.¹ Ligeledes kan mærkes et brachycephalt Kranium af en Form, der har bragt mig til i det følgende at stille det sammen med en Kraniegruppe fra Tønsbergfundet.

Af *Ringsakerkranierne* er de fleste nærmest af den norrøne dolichocephale Typus, flere har meget lav Længdebreddeindex 70—72. Der findes i dette Fund 4 brachycephale Kranier, hvis Typus er ubestemt (3 kvindelige, 1 af Barn).

Enkelte rhomboidale Former forekomme. Ringsakerkranierne er for en stor Del temmelig defekte. Saavidt man af det ringe Antal kan slutte, staar de Trondhjems-kranierne nærmere end de staar Oslo-kranierne.

Tønsbergfundet viser mere forskjelligartede og tildels andre Former end Oslofundene. Det største Antal Kranier er dolicho- eller mesocephale, men den mere elliptiske Skalleform, som er hyppig i Oslofundene, er her sjeldnere. Der optræder en Række Kranier, som dels er bestemt brachycephale dels nærmer sig til Brachycephali (c. 20 %). Disse henhører mestendels under en egen Gruppe, som tæller et temmelig stort Antal Kranier (12) med noget mere udtalt Karakteristik, og som forøvrigt sees at strække sig ud over Materialet fra dette Fund i et ikke lidet Omfang (s. nedenfor »Tønsberggruppen«). Desuden forekommer et omtrent lige Antal af en eiendommelig Form, som senere er beskrevet under Benævnelsen »Skraahovedtypen«.

Af bestemte udprægede norrøn-germ. Dolichocephaler findes endel, men neppe Halvparten af det hele Antal. Ogsaa i dette Fund sees nogle faa Kranier af rhomboidal Form med fremtrædende Issebuler.

¹ Af stærkt platycephale Kranier forekommer ogsaa nogle i andre af Fundene, saaledes et meget udpræget i Tønsbergfundet. Hovedskalformens Typus er forskjellig, almindelig er de dolichocephale, Ansigterne er smaa og tyde mest paa kvindelige Individuer.

I Fundet fra *Gimse Kloster* ved *Skeen* er ligeledes Dolichocephalerne overveiende, medens dog allerede her Brachycephalerne indtager en større Plads. De fleste af sidstnævnte Gruppe er temmelig ensartede antagelig kvindelige Kranier (s. nedenfor Text og Afbilding). Et enkelt hyperbrachycephalt vil muligens kunne henføres til den vestlandske nedenfor omhandlede brachycephale Typus. Det er imidlertid noget defekt og maaske ogsaa lidt deformt. 5 af disse Kranier har udpræget rhomboidal Form med store Issebuler, ganske lignende de trønderske Kranier af denne Form.

Fundet fra *Sole* paa *Jæderen* afviger i flere Henseender fra de østlandske Fund. Blandt de 30 (opr. 31) Kranier har kun Trediedelen en lavere Kefalindex, men kun enkelte af disse har Karakter af den norrøn-germaniske Gruppe. Fundet indeholder derimod et relativt stort Antal brachycephale eller høigradig mesocephale Kranier, tildels af særegen Beskaffenhed og med Former, som kan gjenfindes blandt Jæderens nulevende Beboere. Et enkelt mesocephalt Kranium har i Ansigtform en Del tilfælles med det østlandske Kranium fra Stenalderen.

Kranierne fra *Trondhjem* er forholdsvis talrige, men mange af dem er defekte. Ved Undersøgelsen af de i Samlingen optagne 153 Kranier har maattet udskilles 46 paa Grund af væsentlige Defekter. En stor Del, omtrent Halvparten af de resterende, antoges at være kvindelige.

De deltes i 3 Grupper, en, som efter Hovedskal- og Ansichtsformer henførtes til den norrøn-germ. Type, en, som med større eller mindre Sikkerhed eller Usikkerhed nærmest antoges at henhøre under den før-omtalte brunette Gruppe.¹ Paa førstnævnte Afdeling kom 50, paa anden 44. Tallene vil i ethvert Tilfælde kun betegne et omtrentligt Forhold. Imidlertid vil sees, at disse Grupper dog med Hensyn til Maaleforhold viste sig væsentlig forskellige. Af tilbageværende 13 Kranier kunde vel Halvparten udskilles som tilhørende en særegen mesobrachycephal Type, medens Resten væsentlig kom ind under de førstnævnte to Klasser, men ikke benyttedes paa Grund af en mulig Forskydning af Materialet under Undersøgelsen. For den mesobrachycephale Types vedkommende henvises til hvad senere særskilt om denne er anført.

Hos de 50 Kranier, som optoges i den norrøn-germ. Gruppe, fandtes Længdebreddeindex i Middel at være 73,9 for antaget mandlige, 74,8 for antaget kvindelige.

¹ Ved den vistnok usikre Antagelse af brunet Type blev taget Hensyn til endel Egenheder ved Skallens og Ansigtets Formforhold (s. Tillæg 2). Maaske vilde en nærmere Revision forandre lidt i Grupperingen. Dette vil dog have liden Betydning for det her tilsigtede Overblik over Trønderkranierne.

For de 44 Kranier af anden Gruppe beregnedes Index for mandlige at være 76,4, for kvindelige 79,3. Grændserne mellem Grupperne er som nævnt ikke trukket og har heller ikke kunnet trækkes skarpt. Delvis Lighed med 3die Gruppens Kranier forekom ogsaa enkeltvis inden de to førstnævnte.

Det er heller ikke Meningen at lægge særlig Vægt paa denne Inddeling. Af Tillæg 3 vil dog sees, at en saadan Klassifikation kunde have Interesse.

For samtlige Kranier af Gruppe 1 og 2 vil Middelindex saaledes falde omkring 76, medens den for Gruppe 3 vil være henved 80.

Med Hensyn til de specielle Former hos de to førstnævnte Grupper maa særlig fremhæves, at 1ste Gruppe næsten gennemgaaende har kuneiformt Gjennemsnit af Kraniet, oftest tydelige, dog ikke store Issebuler, medens 2den Gruppe i et meget stort Antal Tilfælde viste rhomboidal Skalleform med noget langt Baghoved og stærkt udprægede Issebuler. Hvad de enkelte Længdebreddeindices angaar, fandtes denne i 1ste hyppigst dolichocephal, lige ned til 69, men dog ikke sjelden mesocephal, i et enkelt Tilfælde brachycephal. I 2den var Mesocephali det almindelige, og der forekom blandt de sandsynlig kvindelige Kranier en Række (10) brachycephale. Disse havde oftest rhomboidal Form (høieste Index 83,9). Blandt de som mandlige sammenstillede fandtes kun et enkelt saadant.

Efter Sammenligning med den nuværende Befolkning i de Trondhjem omgivende Bygder maa formodes, at der i den her benyttede Kraniesamling fandtes Repræsentanter ikke alene fra disse, men ogsaa fra fjernere Egne af Trøndelagen. Efter nuværende Forhold kunde videre antages, at der blandt disse Kranier maatte findes en stor Mængde vedrørende den brunette Befolkning og endel af en meso-brachycephal Særtype (cfr. Tillæg 3).

Særligt kan mærkes den fremtrædende Forskjel paa de trønderske og de østlandske Dolichocephaler, de første almindelig tydelig kuneiforme, de sidste hyppigst elliptiske. Hvad den rhomboidale Form angaar, da sees den i de øvrige Fund sjelden.

Som af denne korte Oversigt sees, er i alle Fund det overveiende Antal dels dolicho- dels mesocephale (de sidste i overveiende Antal). Mere tilbagetrædende, dog i enkelte Fund temmelig hyppige er de brachycephale Kranier, til hvilke ogsaa slutter sig et mindre Antal høi-

gradige Mesocephaler. De brachycephale Kranier forekommer hyppigst i Kystfundene. Tonsbergfundet har henvend 20 % Brachycephaler, Skeensfundet ca. 30 og Jæderfundet henvend 40 %. For Trondhjemsfundet kan neppe regnes over ca. 12 %, medens Oslofundene kun viser en forsvindende Brokdel. Et større Antal af Samlingens brachycephale Kranier vil kunne indordnes under de nedenfor omhandlede Grupper med meso-brachycephal Kefalindex. Nogle af dem tør vel formodes at tilhøre den for berørte brunette Befolkningsgruppe eller dens Blandingsprodukter.

I det følgende er omhandlet nogle eiendommelige Kranieformer, som skiller sig ud fra saavel den norrøn-germaniske Dolichocephals som fra den brunette Gruppens almindeligere Typus. Hvad disse Særformer angaar, henvises først og fremst til de medfølgende Afbildinger, der vil give et stærkere Indtryk af deres Eiendommeligheder end hvilkensomhelst Beskrivelse.

Disse Grupper er:

1. Den mesocephale Stenaldersgruppe.
2. Den meso-brachycephale Jædergruppe.
3. Den meso-brachycephale Tønsberggruppe.
4. Den meso-brachycephale Trøndergruppe.
5. Den mesocephale Skraahovedgruppe.

Af disse Grupper har, som senere vil sees, 2den, 3die og 4de saamange Ligheder, at de maaske kunde tænkes at være Varianter af samme Hovedgruppe, medens 1ste og 5te staar mere isolerede men dog ogsaa frembyder Eiendommeligheder, som kunde stille dem i et vist Forhold til de 3 andre Grupper.

1.

Den mesocephale Stenaldersgruppe.

Pl. IV, 10 og 11.

I 1875 fandtes ved tilfældig Gravning i Nærheden af *Svelvik* (ved Drammensfjorden) et Skelet, som paa Grund af Begravningsmaaden og ledsagende Flintevaaben maatte antages at være fra den yngre Stenalder.

Dette Skelets Kranium er eiendommeligt og frembyder kun faa Ligheder med Kranierne fra den senere forhistoriske Tid (ældre Jernalder). I sin Helhed kan det vistnok heller ikke stilles ved Siden af andre

kjendte Kranier fra Stenalderen, medens det dog fornemmelig i Hovedskalformen viser nogen Overensstemmelse med enkelte svenske Mesophaler fra denne Periode.¹ Hvad der kan være individuelt og hvad der er typisk af dets Former, kan tildels være uvist, saameget mere som der hos os ikke foreligger noget andet Skeletfund fra Stenalderen. Hvad Ansigtsformerne specielt angaar, finder man dog hos enkelte af de senere norske Kranier saa store Ligheder, at de vistnok tør antages at have været eiendommelig typisk.

Kraniet er beskrevet af Dr. *Arbo* i »Revue d'anthropologie« for 1882. Idet der kan henvises til denne Afhandling, skal jeg her kun anføre enkelte Data, som for Sammenhængen er nødvendige, medens jeg tillige vedføier de i denne Henseende nødvendige Maal² til Sammenligning med nogle andre norske Kranier, hos hvilke der maa antages et større eller mindre Slægtskab med Stenalderskraniet. (Se Tabel).

Det er temmelig langt, maadelig bredt og forholdsvis høit. Kefalindex er mesocephal mod Grændsen af Dolichocephali. Den temmelig betydelige Længde er for en væsentlig Del betinget af den stærkt fremragende Baghovedtuberositet, medens forøvrigt Formen mere svarer til de højgradigere Mesocephalers. Isseplanet er temmelig kort, ovoid kileformet, Panden lav og brat, forsynet med store Superciliarvulster. Ansigtet er meget lavt, forholdsvis bredt, Øienhulerne smaae, lave og brede, Næsen bred og kort. De store Superciliarvulster og det brede lave Ansigt giver det et eiendommelig vildt Udseende.

Af de Kranier, som fornemmelig i Ansigtsform har fremtrædende Lighed med det nævnte, forekommer 2 i Oslofund, 1 i Jæderfundet. Men desuden sees blandt Oslokranierne ikke faa, som, vistnok noget fjernere, minde om Stenaldersansigtet. I vedføjede Tabel er opført Maal for de tre Kranier, som er mest eiendommelige.³ Det vil dog findes, at der ogsaa hos disse sammenlignet med Stenalderskraniet synes at være Overgange til den norrøn-germaniske Dolichocephal. Paralleler med Stenalderskraniets Maaleforhold sees fornemmelig i Ansigts-,⁴ Næse- og Gane-

¹ Cfr. G. Retzius *Crania svecica antiqua*.

² Disse Maal vil tildels ikke nøiagtig stemme med de tidligere tagne, noget som vel oftest vil være Tilfældet med Maalinger af forskellige Undersøgere. Sandsynlig er ogsaa Maaleapparatet lidt forskjelligt, idet her er benyttet Krumpasser, af *Arbo* maaske Skyvemaal, hvilket tildels kan gjøre lidt Forskjel.

³ Det tør dog være mindre sikkert, om Jæderkraniet bestemtere kan henføres til denne Type. Maaske staar det trods den lave Kefalindex nærmere Jædertypen. I Ansigtet findes nogen Lighed med No. 357 Jæderen. (Pl. II, 1).

⁴ Høidemaalet for Ansigtet er sat i Klammer for 1 af de nyere og for Oldkraniet, da der kanske kan være et par Millimeter afskuret af Proc. alveolaris. Dog vil dette lidet paavirke Hovedresultatet.

indices. Med Hensyn til Hjerneskalen da er den hos alle af noget forskjellig Form. Hos 2 af dem er den mesocephal, hos 1 dolichocephal. Middelindex svarer mærkelig nok til Oldkraniets. Det mesocephale Oslokranium har størst Lighed med Oldkraniet. Begge Oslokranierne er elliptiske og slutter sig i Skalleform til Pluraliteten af de andre Oslokranier, det ene stemmer i Pandeform nær med Stenalderskraniet. Jæderkraniets Hovedskalle er noget lang, bagtil afrundet, mesocephal. Det har megen Lighed med et af *A. Retzius* afbildet Kranium fra *Øland*¹ og kan maaske som dette stilles ved Siden af det lavskallede Friserkranium. Til de store Fremstaaenheder i Pande og Baghoved, som udmærker Stenalderskraniet, har det intet tilsvarende.

Barth anvender paa Jæderkraniet Benævnelsen »Vikingtype med Stenaldersansigt«. Om denne er fuldt korrekt, tør man vel for Tiden ikke afgjøre. *v. Hölder* har en omtrent tilsvarende Benævnelse i sin »germanisch-turanischer« Mischform.²

Det kan være af Interesse, at et omtrent nøiagtig lignende Ansigt findes blandt de af *Virchow* afbildede Friserkranier. Hos de af *G. Retzius* afbildede svenske Mesocephaler med lignende Hovedskal har Ansigterne en anden Form.

2.

De meso-brachycephale Grupper.

(Pl. I, 3 og Pl. II, 4).

a. Jædergruppen.

Blandt Jæderkranierne forekommer som i foranstaaende Oversigt over Fundene bemærket et forholdsvis stort Antal brachycephale eller paa Grændsen af Brachycephali staaende Kranier.

De fleste af disse viser i flere Henseender Overensstemmelse i Form baade hvad Hovedskalle og Ansigt angaar. For enkelte brachycephale stiller det sig kanske noget tvivlsomt, om de rettelig kan henføres under netop denne Gruppe. Blandt Jæderfundets Kranier kan ialfald 8 à 9 med Sandsynlighed antages at høre sammen som Repræsentanter for en Særgruppe, der i sin Helhed er brachycephal, men ogsaa strække sig noget ud over det mesocephale Omraade, og hvis Længdebreddeindex bevæger

¹ Samlade skrifter af ethnologiskt innehåll.

² Ranke »Der Mensch«.

sig mellem 78 og 88. Sammenlignes disse Kranier med den nulevende Jæderbefolknings, vil man finde saa store Overensstemmelser, at man maa antage den samme Type fremdeles stærkt repræsenteret. Ogsaa hos de levende Individer af Typen finder man en Kefalindex fra den noget høiere Mesocephali til stærk Brachycephali.

Hovedskallen er gennemsnitlig noget kort (enkeltvis sees dog ogsaa ikke ubetydelig Længde), Bredden betydelig, Issebuler midtels fremtrædende, Panden bred, Midtpartiet danner en Flade, Øienhulerne store, oftest høie, svagt nedadudadskraanende, Næsen smal, temmelig lang, Bredden over de fremstaaende Kindben forholdsvis betydelig. Overansigtslængden er noget liden, Processus alveolaris lav. Fremtrædende ortognat Profil.

Beregnete Indicer (6 Kranier):

Længdebreddeindex . . .	81,0
Længdehøide	70,7
Breddehøide	87,7
Overansigtshøide	50,1
Øienhule	85,0
Næse	45,1
Gane	87,4

Et af Kranierne i Jæderfundet er usædvanlig brachycephalt med bredt Forhoved og brat affaldende Baghoved, der dog har temmelig stærkt fremspringende Tuberositet. Dets Pande er mere skraa end sædvanlig inden denne Type, Ansigtet bredt og relativ kort, Næsen lang og smal, Ganen bred, Profilet stærkt ortognat. (Pl. I, 3).

Hos dette Kranium er af enkelte Undersøgere fundet Lighed med Lappe- (eller Finne-) Kraniet.

Fra Lappekraniet adskiller det sig dog ialfald betydeligt, fornemmelig ved Formen af de enkelte Skalledele, men ogsaa i Ansigtsformen. Det som i denne Henseende er meget fremtrædende er det kraftig udviklede Forhoved med bredt Panden, der er forsynet med store Superciliarvulster, de temmelig flade Issebuler og det bratte vinklet affaldende Baghoved. Disse Former vil neppe kunne findes samlet hos Lappekraniet, fornemmelig er at mærke det kraftige Forhoved i Modsætning til Lappens smale, kileformige Frontaldel. Endvidere er Overansigtets brede og stærke Bygning forskellig fra Lappekraniets tendre Ansigtsformer (ialfald som de almindeligt sees i den herværende ikke saa ubetydelige

Samling af Lappekranier. Hvad Lighed med Finnekraniet angaar tør jeg dog intet videre udtale, men at dømme efter G. Retzius's Afbildinger¹ er den ialfald ikke slaaende.

Arbos Mening² har udentvivl været, at det kunde tænkes at tilhøre en Type, som var sideordnet med de nævnte. Han betegner det som »Stenalderens brachycephale Form«. Begge Dele forer, saavidt kan skjønnes, noget langt ud paa det hypothetiske Omraade. Stenalderens brachycephale Former er som før nævnt ikke hidtil fundet i Norge,³ og der er vel neppe paavist sikkert tilsvarende Stenalderskranier i de andre skandinaviske Lande. Muligheden er selvfølgelig for at saadanne findes⁴. I ethvert Tilfælde maa dette Kranium antages at høre sammen med den omhandlede særegne Gruppe af Jæderbrachycephaler, der udmærker sig ved bred Hovedskal, bredt og noget kort Ansigt.

Hvorvidt der i de andre Fund forekommer Kranier netop af denne Art kan ikke sikrere siges. I de Fund som herefter omhandles, findes dog et Antal Kranier, der synes at være om ikke nøiagtig af samme Type saa dog af en nærstaaende. Et enkelt Kranium i Skiensfundet, som udmærker sig ved høigradig Brachycephali, kan maaske henføres under Jædergruppen.

b. Tønsberggruppen.

Pl. II, 5 og 6.

Blandt de meso-brachycephale Kranier i Tønsbergfundet er vistnok enkelte mere ubestemte, men de fleste danner en eiendommelig Gruppe, som synes at staa Jædertypen nogenlunde nær. Den udmærker sig som Jæderkranierne ved lavt men ikke udpræget bredt Ansigt, har idethele væsentlig samme Ansigtsformer som disse, særlig kan mærkes: Pandens Midtparti fladt, Oienhulerne lave nedadudadgaaende, Kindbenene stærkt markerede. Hovedskallen er lidt længere end Jæderkranierne, tildels udtalt kuneiform. Ansigtvinkel mindre end Jædergruppens.

Gruppen er temmelig talrig men de mere typiske Kranier forholdsvis faa, saa at Materialet for Beregning af Middelværdier

¹ Finska Kranier.

² Arbo »Stavanger Amte«, (Videnskabsselsk. Skrifter 1875).

³ Et af de brachycephale Jæderkranier (257, Pl. II, 4) har kanske i Ansigtsform noget tilfælles med det mesocephale Stenalderskranium.

⁴ Efter mundtlig Meddelelse fra *Arbo* har han nylig seet danske Stenalderskranier som ligner Jæderkranierne. Om G. Retzius's brachycephale Stenalderskranier henhører til samme Gruppe, er efter Afbildingerne vanskeligt at dømme.

bliver indskrænket. Kun 4 Kranier er hertil benyttet. Overensstemmelsen mellem de fundne Indices for denne Gruppe og for Jædergruppen er dog iøinefaldende.

Til Tønsberggruppen kan ogsaa mindst *et af Oslokranierne* med Rimelighed henføres¹ (Pl. III, 7). Den brachycephale Hovedskalle er forsaavidt forskjellig fra Tønsbergkranierne, at den har stærkt fremtrædende Issebuler og et noget rhomboidalt Gjennemsnit. Ansigtformerne slutter sig mere til Tønsberggruppens end til den følgende, Trøndergruppens.

De Forskjelligheder mellem Jæder- og Tønsberggruppen, som er mest fremtrædende, angaar fornemmelig *Høideindex*, der er noget større for Jæderkranierne, *Øienindex*, som ligeledes er større, og *Næseindex*, som hos Jæderkranierne er betydelig mindre.

Beregnete Indices:

Længdebreddeindex	. . .	80,2 ²
Længdehøide	— . . .	68,5
Breddehøide	— . . .	87,0
Overansigts	— . . .	51,2
Øienhule	— . . .	80,8
Næse	— . . .	52,0
Gane	— . . .	84,1

c. Trøndergruppen.

Pl. III, 8 og 9.

Ovenfor er omtalt, hvorledes Trønderkranierne i stor Udstrækning udmærker sig ved mere eiendommelige Former, idet der ved Siden af et Antal i det væsentlige regulære norrøn-germaniske Kranier forekommer et større Antal med høiere mesocephal eller brachycephal Kefalindex og blandt disse endel med eiendommelig formede lave og brede Ansigter, og at denne Type mere eller mindre fremtrædende men i en ikke ringe Udstrækning gjør sig gjældende inden dette Fund.

De mere typisk udprægede af disse sidstnævnte Kranier beløber sig vistnok ikke til noget større Antal, neppe over et halvt Snes, men Typens Virkning sees i større Omkreds.

¹ Der forekommer dog ogsaa i disse Fund et par andre, som maatte kunde opføres i samme Klasse.

² Medtages alle Kranier som kan antages mere eller mindre at henhøre under denne Gruppe, saa bliver Index c. 78.

De væsentlige Karakterer er: Liden Høide, tildels nogen Fladhed af Issepartiet, noget langt Baghoved, ofte stærk Fremstaaenhed af Tuberositas oss. occipitis. Panden middels bred (Pandens og Forhovedets Bredde noget mindre end Jæderkranierne), hvælvet i Vertikaldiameteren, Issebulerne ikke særdeles fremtrædende, det bagre Tindingparti fremhvælvet. Ansigtets Bredde temmelig betydelig, Længden af Overansigtet forholdsvis liden. Processus alveolaris lav, Øienhulerne lave, Næsen kort, gennemsnitlig ikke bred, Ganen oftest af større Bredde. Det som mest giver Ansigtet dets særegne Præg, er de udstaaende Kindben, den hvælvede Pande og de svagt fremhvælvede Tindinger.

De ved Beregning af Maalene (5 Kranier) fundne Indices er følgende:

Længdebreddeindex . . .	79,6
Længdehøide — . . .	69,1
Breddehøide — . . .	86,9
Overansigts — . . .	50,3
Øienhule — . . .	82,6
Næse — . . .	50,7
Gane — . . .	84,3

Et enkelt ved denne Beregning ikke medtaget men temmelig karakteristisk Kranium med Gruppens Mærke idethele har dolichocephal Kefalindex.

5.

Den mesocephale Skraahovedgruppe.

Pl. IV, 12. Pl. V, 13.

Betegnelsen er motiveret ved den eiendommelige Form af Forhoved og Pande. Der er kun fundet faa bestemt udviklede Kranier af dette Slags, to, antagelig et mandligt og et kvindeligt, i Tønsbergfundet og et i Sørensfundet (Oslo). I førstnævnte Fund forekommer dog en hel Række af noget lignende Kranier. Foruden Hovedskallen udmærker ogsaa Ansigtsformen sig ved særegen Form.

Forhovedet er stærkt skraanende uden tydelig Grændse mellem Pande- og Issedel. Største Bredde langt bagtil, Baghovedet kort og fyldigt, afrundet i Bredden. Længdebreddeindex gennemsnitlig mesocephal, hos det ene Tønsbergkranium i høiere Grad (78,7).

Ansigtet udmærker sig ved stærkt fremstaaende Kindben (hos det kvindelige Tønsbergkranium dog mindre). Det er middels bredt men

relativ lavt (dog ogsaa her undtaget det noget smale kvindelige Ansigt). Profil noget prognat.

Om denne Kranieforms Lighed med visse danske Oldkranier se nedenfor.

Man ledes uvilkaarligt til at antage Slægtskab mellem de 3 meso-brachycephale Grupper. Kanske man endog kunde gaa videre og anse ialfald enkelte af dem væsentlig ensartede, kun lokalt noget forskjellig udviklede. Medens de ialfald staar hinanden nær, er de meget forskellige fra den dolicho-mesocephale norrøne Gruppe. Det gjælder saavel Maal som Formpræg. Det som for Opfatningen af deres karakteristiske Former kanske er mest betegnende, er Ansigtsskelettet. Egentlige Bredansigter forekommer neppe uden enkeltvis, men Ansigtsindex er dog overalt temmelig lav.

En Sammenligning af nedenanførte Indices for disse 3 Grupper viser deres væsentlige Overensstemmelse i Formforhold. Indices er her opført ved Siden af tilsvarende fra den tidligere omtalte Gruppe af 6 udvalgte norrøn-germanske Dolichocephaler.

	Norrøne Dolichoceph. (6).	Jæder- kranier (6).	Tønberg- kranier (4).	Trondhjems- kranier (5).
Længdebreddeindex .	72,5	81,5	79,0	79,6
Længdehøide — .	66,2	71,5	69,7	69,1
Breddehøide — .	91,3	87,7	86,9	86,9
Overansigts — .	56,1	50,1	51,2	50,3
Øienhule — .	84,5	85,0	80,8	82,6
Næse — .	48,7	45,1	52,0	50,7
Gane — .	74,3	87,7	83,1	84,3

Til de meso-brachycephale Grupper slutter sig det førnævnte *Oslo-kranium* (Pl. III, 1) (nærmest svarende til Tønsberggruppen) og det stærkt brachycephale *Kranium* fra *Skien*.

Oslokranium.	Skienkranium.
81,2	90,7
70,0	72,6
86,2	80,1
48,9	—
84,4	86,6
53,0	54,7
80,0	93,9

Det forstes Maalsforhold stemmer som vil sees ganske godt med Tønsberg- og Trondhjemsgruppens, medens Skienskraniets heri nærmer sig Jædergruppens, dog fornemmelig det først opførte stærkt brachycephale Jæderkranium (s. Tabel S. 30). Fra Jædergruppen skiller det sig ved sin Næseform og tillige ved Formen af sit Baghoved, der er forholdsvis langt.

En nærmere Betragtning af en Række enkelte Maal viser Lighed hos de forskjellige meso-brachycephale Grupper relativt til hverandre og væsentlige Forskjelligheder fra den dolichocephale Gruppens Maal. I denne Henseende er fornemmelig at fremhæve alle de Maal som betinges af den smalere Kranieform hos sidstnævnte Gruppe, det noget smalere og længere Ansigt, den relativt lange og smale Gane. Af mere specielle Maal kan paa peges (fornemlig at mærke relativt til Ansigtsbredden) Maalene for Processus alveolaris og den lidt mindre Afstand mellem Øienhulerne.

Indbyrdes skiller de meso-brachycephale Grupper sig mindre fra hinanden. Tønsberg- og Trondhjemsgruppen følger hinanden omtrent i alle Middelforhold. Kun Ansigtsbredden er temmelig forskjellig, idet Tønsbergkranierne viser den forholdsvis noget ringere. Dette er imidlertid nærmest bevirket derved, at et enkelt af de faa Kranier, som har kunnet indgaa i Beregningerne, har liden Ansigtsbredde (om kvindeligt kan ikke bestemte afgjøres). Dog tør det vel være muligt, at Tønsberggruppen idethele har noget mindre Bredde af Ansigtet end de to andre.¹ Jædergruppens Ansigt skiller sig noget fra de to andre ved sine større og høiere Øienhuler og ved sin smale lange Næse.

De beregnede Middelmaal (Centimeter) for disse 4 Grupper er følgende:

	Dolichocephaler.	Jædergruppen.	Tønsberggruppen.	Trondhjemsgruppen.
Kraniets største Længde	19,3	18,3	18,5	18,8
— — Bredde .	14,0	15,0	14,9	14,6
— — Høide .	12,8	13,1	12,9	12,8
Pandebredde.	9,9	10,4	10,3	10,2
Forhovedbredde	11,6	12,7	12,6	12,1
(ved Foreningen af sut. coronal. og temporal.):				
Issebredde	13,2	14,4	14,3	14,0
Baghovedbredde	13,1	13,7	13,5	13,4
Basislængde	10,2	10,1	9,7	10,0

¹ Oslokraniets, som nærmest synes at slutte sig til Tønsberggruppen, har dog som vil sees en meget stor Ansigtsbredde.

	Dolichocephaler.	Jædergruppen.	Tønsberggruppen.	Trondhjemsgruppen.
Ansigtshøjde	13,3	13,8	13,2	13,7
(over arc. zygomat.)				
Ansigtshøjde	7,5	7,0	6,7	6,7
Kindbredde	9,8	9,8	9,9	9,5
Øienhulebredde	4,3	4,3	4,1	4,1
— højde	3,5	3,6	3,3	3,4
Næsens Længde	5,2	5,5	5,0	5,0
— Bredde	2,5	2,5	2,6	2,5
Ganens Længde	5,5	5,0	5,2	5,1
— Bredde	4,0	4,4	4,4	4,4
desuden er taget følgende Maal:				
Proc. alveolaris Højde .	2,3	1,7	2,0	1,9
— øvre Bredde	6,3	6,1	5,9	6,0
(ved Tandrækken).				
Afstand mellem Øienhulernes indre Væg (Frontaldelen)	2,6	2,7	2,7	2,5

De mest iøjnefaldende typiske Forskjelligheder mellem Grupperne og da særligt mellem den dolichocephale og de tre ved Siden af denne opstillede meso-brachycephale Særgrupper fremgaar dog kun mindre fuldstændigt af disse forholdsvis faa Tal. For Hjerneskallens Vedkommende kan vistnok Hovedformerne i sine store Træk følges gennem Maalene, men den specielle Nuancering kan kun lidet opfattes. I denne Henseende kan f. Ex. Tønsberg- og Trønderkranierne Skalleform ikke lettelig adskilles, medens den dog giver et temmelig forskjelligt umiddelbart Indtryk.

Men end mindre kan Maalene give tydeligere Begreb om Ansigtformerne. Det beror her saa meget paa de finere Nuancer af Formen, som den viser sig i de store Linier. Baade Overensstemmelse og Uoverensstemmelse i Dannelsen mellem de opstillede lavansigtede Grupper faar en ganske anden Tydelighed i Liniespillet. Med Hensyn hertil skal jeg specielt henpege paa Kindpartiets Linier og deres Forhold til Alveolarprocessens Størrelse.

Den Linie som dannes ved den nedre forreste Rand af Maxilla superior og ydre Begrændsning af os zygomaticum (seet ret forfra), er af

særlig Betydning med Hensyn til Ansigtspæget hos de to Hovedformer, som her er sammenholdt. I det lave Ansigt hæver den sig stærkere i Midtpartiet og stiger derefter brattere nedad mod Tandrækken end i det lange Ansigt hos den norrøne Dolichocephal med den høie og brede Processus alveolaris. Den bredere Pande, det *fremkvælvende bagre Tindingsparti* gjør oftest de mess. brachycephale Særtyper let kjendelige.

Det forholdsvis ringe Antal Kranier, som for hver enkelt Gruppe har kunnet benyttes, kan selvfølgelig ikke give mere end et omtrentligt Resultat af Indexberegningerne. Hvad Kefalindex angaar, saa vilde den saaledes ved større Materiale maaske stille sig mere overensstemmende for de faa meso-brachycephale Grupper, end allerede her har været Tilfældet. Det samme vilde sandsynligvis ogsaa gjælde Ansigtindex. For Jædergruppens Vedkommende stemmer den her opførte Middelindex mærkelig nok næsten ganske med den, som er fundet hos den typisk udprægede levende Befolknings (reduceret til ubedækket Kraniums Maal). Dette er maaske mere tilfældigt, men det stemmer ogsaa med Befolkningens Maal forøvrigt, at der inden Typen findes Kranier med mesocephal Index. De to andre af disse Grupper kan man vel foreløbig betragte som gennemsnitlig staaende paa Grænsen af Brachycephali. Hos Levende vilde Middelindex saaledes være udpræget brachycephal. Sandsynligvis vil der dog inden samtlige Grupper kunne findes Kranier med endog temmelig lav Index.

De to *mesocephale Grupper* er vistnok i flere Henseender forskellige fra de ovenfor nævnte men har et Fællespræg med disse i en Ansigtsgestalt, som uvilkaarligt leder Tanken hen paa, at der muligens dog kan bestaa en Forbindelse mellem samtlige de her sammenstillede Særgrupper. Det lave Ansigt med de fremstaaende Kindben og den store Ganebredde er karakteristiske Fællesmærker. De omfatter imidlertid for faa Kranier af mere udpræget Form til at beregnede Middelmaal kan give Oplysninger af videre Udstrækning. Jeg skal derfor kun henvise til de for de enkelte Kranier i Tabellen opførte.

Mest karakteristisk vil man finde i den ene Gruppe det gamle Stenalderskranium og i den anden Tønsbergkranium No. 243. Det første udmærker sig ved sit meget lave Ansigt, der idethele er af smaa Dimensioner men udpræget Bredansigt, ved sine lave smaa Øienhuler, sin brede Næseabning og sin store Ganebredde, det sidste ved sin betydelige Ansigtsgestalt, sit stærkt prognate Ansigtprofil og ved sin eendommelige Skalleform.

Det vil uden Vanskelighed kunne sees, hvorledes de Data, som er fremlagt i den her foretagne Sammenstilling af norske Kranier, forholder

sig til den almindelig udbredte Antagelse, at den norske Befolkning bestaar af to Hovedtyper, en dolichocephal og en brachycephal. Overfor denne havde som anført allerede *Barth* fremsat Formodning om, at der findes »flere Racer« i Landet. De her refererede Undersøgelser gaar i samme Retning, idet de stiller det som sandsynligt, at der foruden forskjelligartede Brachycephaler forekommer dolicho-mesocephale Kranier af 2 eller 3 forskellige Typer, som dog synes for en stor Del blandede.

Hvad den først omhandlede Type (den norrøn-germaniske) angaar, da vil det kunne ansees som overveiende sandsynligt, at den oprindelig har havt sit Tyngdepunkt indenfor det dolichocephale Omraade, og at den af den *ældre Retzius* opstillede Middelkefalindex, som er temmelig høigradig mesocephal, ikke giver et mere korrekt Udtryk for Forholdet i denne Henseende. Men det maa dog herved bemærkes, at der ialfald blandt Nutidsbefolkningen hyppig forekommer mesocephale Kranier af dette Slags, som ikke altid kan antages at have den høiere Kefalindex paa Grund af Blandingsforhold.

Hvorledes den Type, som har sin mest udprægede Repræsentant i vort Stenalderskranium, har forholdt sig med Hensyn til Længdebredde-maalet, kan vel ikke vides med nogen Sikkerhed. Det nævnte Kraniums lave Kefalindex er for en væsentlig Del betinget ved Baghovedets eiendommelige Dannelse, som kan være tilfældig. Henseet til de senere Kranier af lignende Type taler dog Sandsynligheden kanske mest for en middels Mesocephali som typisk Regel. Imidlertid er der ogsaa som berørt nogen Lighed i Ansigtsformen hos et brachycephalt Jæderkranium (foruden hos det før nævnte mesocephale fra samme Fund).

Den tredie ovenfor nævnte dolicho-mesocephale Form (det prognate Skraahoved) viser sig ligeledes dels dolicho- dels mesocephal, men der vil af det ubetydelige foreliggende Material end vanskeligere kunne vides, om den helder noget til den ene eller den anden af disse Indexgrupper. Sammenligningen med det danske lignende Borrebykranium vilde selvfølgelig meget tale for Mesocephali.

Brachycephale Kranier finder som ovenfor nærmere angivet i alle Fund men i meget forskjelligt relativt Antal. De er i Form og Karakter meget forskellige, men vil nærmest kunne klassificeres i 2 Afdelinger, af hvilke dog den ene for Tiden for Skeletkraniernes Vedkommende kun delvis kan paavises, men for den levende Befolknings er utvivlsomt talrig.

Den Afdeling af brachycephale Kranier, som Kranieundersøgelsen mest bestemt angiver, omfatter de af disse Kranier, som kommer ind under de ovenfor opstillede 3 meso-brachycephale Grupper. Ved Siden

af denne vil kunne stilles den Typus, af hvilken er givet Afbildning Pl. V, 2 (sorthaaret brachycephal Type), og desuden et mere ubestemt Komplex af forskjelligformede brachycephale Kranier, vel tildels Blandingsprodukter.

Medens saaledes de brachycephale Kranier bliver at anse som forskjelligartede, saa vil det ogsaa fremgaa af hvad ovenfor er anført om Maaleforholdene inden de forskjellige Grupper, at ingen af dem i sin Helhed optræder som brachycephale, men at alle omfatter en Række Indices, strækkende sig fra det mesocephale ud i det brachycephale Omraade, endog kanske ligefra det dolichocephale.

Den Hovedinddeling af Befolkningen, som hidtil er almindelig anvendt, i dolichocephal og brachycephal (en særegen mesocephale Gruppe er endnu kun nævnt i Antydninger), maa derfor vistnok stærkt modificeres. Den kan være meget anvendelig som schematisk Inddeling, men svarer ikke fuldt ud til de faktiske Forhold. Mere vil den kunne passe, dersom den anvendes med Forbehold af at ikke netop den optrukne Grændse er fuldt bestemmende men ogsaa den specielle Kranieform. Vender man tilbage til dette, *A. Retzius's*, Standpunkt, saa vil imidlertid Benævnelse og Fænomen ikke dække hinanden.

Hvad de ovenanførte tre meso-brachycephale Særgrupper angaar, da kan der for Tiden ikke vides sikkert, om de i større Antal vil optræde med brachycephal Middelindex eller falde talrigst i den brachycephale Afdeling. Maaske dette dog er sandsynligt for Jædergruppens Vedkommende. Hos levende vil det vel blive Tilfældet med samtlige Grupper. Med Hensyn til de enkelte Kranier, saa er det al Sandsynlighed for, at Omraadet for Længdebreddeforholdet kan blive meget betydeligt og fra den ene Side strække sig ud mod stærk Brachycephali, paa den anden kanske lige ned mod Dolichocephali. Det bliver isaafald det samme vide Omraade i denne Henseende som kan konstateres for den ovennævnte norrøn-germaniske Type og som kan forekomme hos forholdsvis ublandede Typer f. Ex. Lapper og Finner.

Stilles der bestemt Spørgsmaal om, hvorvidt de her omhandlede Hovedgrupper (den norrøn-germ. og Særgrupperne) kan antages at repræsentere forskjellige Folketyper, enten hver for sig eller flere i Forening, eller om der kunde tænkes en Overgang fra den ene til den anden gennem faste Blandingstyper eller en Transformation af den ene Form til den anden, da maa Svaret udentvivl blive, at de rimeligst maa ansees

for særskilte mere genuine Former. Der findes for væsentlige Forskjelligheder til at en anden Antagelse vilde være berettiget, ikke alene i de forskellige Skalleforhold men ogsaa i Form og Præg af Ansigtsskelettet. Spørgsmaalet om Blandingstype maa selvfølgelig ikke forvexles med det, om der findes Blandingsformer. Dette sidste maa være utvivlsomt, men desværre er Kundskaben om Blandingsvirkninger lidet fremskredet.

Ved Undersøgelse af den levende Befolkning paa Jæderen var jeg fra først af ikke fremmed for den Tanke, at den eiendommelige Dannelse af Kraniet, som der fandtes, maaske kunde bero paa Variation fra den norrøne meso-dolichocephale Type. Den faldt dog bort ved nærmere Undersøgelse af Skeletkranierne fra denne Kant. Lignende gjælder de andre ovenfor opstillede Særtyper. Det er vel heller ikke sandsynligt, at en mere direkte Transformation fra en bestemt Type til en anden med forskelligt Præg ligger indenfor, hvad der af hidtil kjendte Forhold kan udledes.

Hvad den samlede norske Befolkning i ældre Tider (vel ogsaa i nyere om end lidt modificeret) angaar, saa tør det være utvivlsomt, at den for den største Del er Blandingsprodukt i større eller mindre Grad, dog saaledes, at oprindelige Typeforhold endnu hyppigt kan paavises. Med Hensyn til Blandingen synes ogsaa Indvirkningen af de lavansigtede Særtyper at maatte ansees for en ganske vigtig Faktor. Der forekommer meget almindelig visse Former, som tyder paa disse Typers Virkning i videre Kredse, endog paa, at de paa indgribende Maade kan have bidraget til at give den norske Befolkning sit Præg. Af saadanne Former kan nævnes f. Ex. den stærkt bulede Pande, den afplattede Isse, det korte Baghoved, de fremstaaende Kindben, den lave Overmaxille, den hyppig temmelig brede Gane m. v. — En vel ligesaa betydelig Indvirkning vil dog ialfald i den senere Tidsperiode kunne tilskrives den brunette Type.

Medens Stammeslægtskabet for den norrøn-germaniske Dolichocephal for en stor Del er kjendt, saa kan dette ikke siges om de meso-brachycephale lavansigtede Typer. Man har været tilbøielig til paa en meget hypothetisk Vei at bringe den brachycephale Befolkning ind under Kategorierne »turansk« (»mongolsk«, »mongoloid«) eller »keltisk«. Disse Benævnelser vil i og for sig være høist uklare, saa meget mere som det sidstnævnte Begreb (Kelter) antropologisk ikke kan fastholdes. Men det er ikke derfor sagt, at der ikke findes noget Holdepunkt for den til Grund for denne Klassifikation liggende Tanke. Der kan saaledes henpeges paa Ligheder mellem brachycephale norske og engelske Kranier,

som tyder paa Muligheden af et Slægtskab. Sandsynligvis vil lignende kunne paavises ogsaa for den gamle Befolkning paa andre Nordsøkyster. En saadan Tanke kan vistnok ikke for Tiden fæste sig ved noget bestemt Folk. Men den kan dog være berettiget.

Hvad det »turanske« (mongolske) Slægtskab angaar, da maatte det præciseres noget nøiere. Egentlig har man vel derved tænkt paa Befolkningerne i den nordlige og nordøstlige Del af det asiatiske Fastland og nærmest paa de egentlig mongolske og de tschudiske Folk. *Arbo* har som bekjendt opstillet en »mongoloid« norsk Type uden dog saavidt jeg har seet at karakterisere den nøiere. Maaske han som vigtigste Tegn har regnet skjævtstillede Øine, bredt Ansigt og bred Næse.

Dette faar staa ved sit Værd. Men det kan vistnok ikke nægtes, at de ovennævnte Typers Ansigtspreg har noget tilfælles med det mongolske Kraniums, vel mindre med Præget hos Lappekraniet. I ethvert Tilfælde vil der dog vel i denne Henseende ikke kunne være Tale om andet end et fjernere Slægtskab. Om et saadant skulde være tilstede, behøver man sagtens ikke derfor at gaa tilbage til den for nogle Decennier siden gjængse Theori om en »mongolsk« Urbefolkning i Europa.

Blandt de af *G. Retzius* afbildede Kranier findes kun et enkelt, som viser en Ansigtsform, der minder om disse norske Typer. Det er i Skalleformen paafaldende ligt det før nævnte danske Kranium fra Møen, som er afbildet af *Eschricht*. I Ansigt staa det nærmest Trøndergruppen.

Intet ligger forøvrigt nærmere end Tanken om, at de norske Lapper kunde have udøvet Indflydelse paa Landets Hovedbefolkning. Baade antikvariske og antropologiske Grunde taler dog mod, at en saadan Indflydelse i nævneværdig Grad kunde have gjort sig gjældende i den sydlige Del af Landet, søndenfor Dovre. Anderledes kunde det stille sig nordenfjelds. At der her gennem lange Tider har været saadanne Blandingsforhold tilstede tør være sikkert nok. Man kjender dog lidet til, hvorledes de har virket. Der forekommer Lappekranier, som har paafaldende Lighed med visse norske Former, særlig kan nævnes enkelte Trønderkranier. Men om der i saadanne Tilfælde kan foreligge Blanding paa den ene eller den anden Side vides ikke. Det almindelige Lappekranium, som det sees i talrige Exemplarer inden det anatomiske Instituts Samlinger, er dog temmelig eiendommeligt, saavel i Issepartiet som fornemmelig i Forhovedets Bygning. Med dette forekommer ikke paaviselig Lighed hos norske Kranier.

Blanding med Finner findes ligeledes ikke sjelden i den nordligste Del af Landet, længer syd neppe uden kanske i liden Udstrækning i

nogle Grændsebygder mod Sverige, hvortil en Finnestamme har fundet Adgang i den nyere Tid.

Dersom de ovenfor omhandlede Særtyper kan tænkes at være Levninger af eller paavirkede af nogen »turansk« eller »mongolsk« Stamme, da kan ialfald deres Oprindelse neppe forklares paa saadan Maade.

Det ligger udenfor Hensigten med denne Undersøgelse at granske, hvorvidt den ene eller den anden af de Typer, som Befolkningen omfatter, kan antages ældre eller yngre i Landet. Hertil foreligger heller ikke synderlig brugbart Material. De nyere Kraniefund i Sverige viser, at der længere tilbage i Tiden end nogen historisk Theori kan række, i vort Naboland har existeret en Blanding af forskjelligartede Typer, at saaledes ogsaa Dolicho-, Meso- og Brachycephaler har levet der ved Siden af hinanden fra de ældste Tider, idet Dolichocephalerne efter al Sandsynlighed har haft betydelig numerisk Overvægt. Fund fra Danmark og Mellemeuropa give lignende Resultat for disse Landes Vedkommende. Hvorvidt disse forskjelligartede Elementer er indkomne samtidigt eller til forskjellige Tider kan kun være Gjenstand for Gisning, indtil senere Undersøgelser maatte kunne give Oplysninger, som kunde lede i mere bestemt Retning med Hensyn til Typernes Aldersforhold.

Selvfølgelig kunde der tænkes paa Importer i senere Tidsperioder, navnlig da fra andre Nordsøkyster eller østenfra gennem Sverige. Forbindelserne i begge Retninger har i den historiske Tid som bekjendt været stærkt udviklede. Udentvivl har disse Forbindelser ogsaa i nogen Grad medført Indvandring, som kan have haft sin Virkning især i Kyst- og Fjorddistrikterne. En saadan Virkning kan i en nyere Periode spores med Hensyn til den brunette Befolkning. Men hvad de øvrige her omhandlede Typer angaar kan der vist neppe være Tale om, at de almindelig seet skyldes nogen i historisk Tid foregaaet Indvandring. Deres Sidestykker blandt den ældste europæiske Befolkning tyder i Retning af, at den Typeblanding som sees fra Middelalderen, har sin Oprindelse i en Periode, som ligger langt tilbage i den graae Oldtid. Forøvrigt vil Indvandringsforholdene baade i ældre og senere Tid i mange

Henseender stille sig forskjelligt for Norge og de andre skandinaviske Lande og fornemlig for de vestlige Landsdeles Vedkommende.

Med Hensyn til de forskjellige Kranietypers geografiske Udbredning i Landet, da kan den foreløbig ialfald kun delvis oversees. Senere Kraniefund kunde i denne Henseende give videre Udsigt. Ogsaa specielle Undersøgelser i denne Retning hos den levende Befolkning vilde give vigtige Oplysninger. Typerne synes dels at have almindelig Udbredning om end i forskjellig Grad paa de forskjellige Steder s. den norrøn-germaniske og kanske den brunette, dels at være mere bundne til specielle Landsdele f. Ex. den mesocephale Stenaldertype til det sydlige Østland, Jædertypen til Kystegnene paa Vestlandet o. s. v. Hvorvidt der, som ofte antaget, er en Forskel i det hele mellem Pluraliteten af Kystbefolkningen og Pluraliteten af Indlandsbefolkningen kan endnu ikke med Sikkerhed vides. Det tør dog efter Resultaterne af hidtil foretagne Maalinger hos levende Individuer antages at være Tilfældet paa flere Steder, men neppe overalt.

Udentvivl er Nutidens Kranieforhold tildels forskjellige fra ældre Tiders. Der er i tiltagende Grad skeet Omsætninger ved Paavirkning af fremmede Befolkninger. Enkelte Træk kan være blevne mindre eller mere fremtrædende, medens ogsaa nye er bragt ind. Fornemmelig i de Egne, som har været mest udsat for den langsomme Folkevandring mod Nord, der i Nordeuropa er umiskjendelig, kan der være optraadt før ukjendte eller sjelden forekommende Typer i større Udbredning. Det vil især være Tilfældet i de for denne Invasion mest udsatte Landsdele, saaledes almindelig mest i de hurtig tiltagende Byer og disses nærmere og fjernere Omegn. Der tør ogsaa findes Tegn til, at der her i Landet (ligesom i Tyskland meget udpræget) er nogen Overgang fra de mere dolichocephale til de mere brachycephale Former. Aarsagen hertil kan være forskjellig. Den kunde tænkes at være betinget ved stærkere Tiltagen af den ældre brachycephale Befolkning, eller den kunde ligge i Indvandring af brachycephale Individuer. Muligens kan den staa i Forbindelse med en Omlægning af de nordeuropæiske Befolkninger, hvorved den brunette Type trænger sig frem mod Nord. Udprægede norrøne Dolichocephaler findes dog i vort Land fremdeles i stor Udstrækning.

Tabel over

Maal, ²	Norrøne Dolichocephaler.							Jæderen (Sole).							Tønsberg.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Sør- engen 104 ³	Sør- engen 127	Tøn- sberg 326	Sør- engen 143	Sør- engen 131	Trond- hjem 502	Gul- dalen 604											
Største Længde . . .	190	202	190	188	184	196	186	178	185	179	188	191	181	186	183	187	187	
— Bredde	140	140	143	136	137	146	139	159	152	142	154	149	145	152	151	147	146	
Hoide	127	129	128	132	122	131	136	125	—	135	133	134	132	131	124	133	131	
Pandebredde	90	99	104	96	97	105	102	108	106	105	104	102	97	103	96	104	106	
Forhovedbredde . . .	117	119	123	112	105	121	120	130	131	128	128	126	122	126	127	122	131	
Issebredde	135	131	131	126	135	139	133	150	148	136	148	144	142	147	—	142	146	
Baghovedbredde . . .	136	134	138	134	121	127	129	146	136	126	146	139	130	138	140	133	133	
Basislængde	106	103	106	100	99	103	110	102	—	103	101	94	98	92	95	100	102	
Ansigtbredde	132	138	136	128	125	[132]	142	143	[136]	135	146	[136]	133	133	127	138	[131]	
Overansigtslængde . .	72	80	80	70	72	71	80	[71]	68	71	74	[72]	67	69	66	68	68	
Kindbredde	94	[108]	106	92	93	100	96	98	97	102	97	100	96	104	92	89	104	
Øienhulebredde . . .	41	42	44	41	39	39	45	45	40	43	43	41	42	43	41	41	42	
— hoide	38	38	38	34	34	30	37	40	35	36	40	35	31	34	34	33	34	
Næsens Længde . . .	52	55	59	49	51	48	55	59	53	56	57	53	52	46	47	51	53	
— Bredde	23	26	28	24	24	27	26	24	24	26	25	23	27	25	27	26	26	
Ganens Længde . . .	56	58	55	52	54	56	57	49	—	50	55	50	50	51	50	52	55	
— Bredde	41	36	42	40	43	42	44	40	—	43	48	49	42	42	43	44	47	
Indices.																		
Længdebredde	73,6	69,3	75,2	72,3	74,4	74,4	74,7	89,3	82,0	79,3	81,9	78,0	80,1	81,7	82,9	78,7	78,0	
Længdehoide	66,8	63,8	66,3	70,2	66,3	66,8	73,1	70,2	—	72,6	70,7	70,1	72,0	70,4	69,9	71,1	70,6	
Breddehoide	90,0	92,1	88,1	97,0	89,0	89,7	97,8	78,6	—	95,0	86,3	89,9	91,0	92,2	84,1	90,4	89,1	
Overansigts	54,5	57,9	58,8	54,6	57,6	[53,6]	56,3	[49,2]	50,0	52,5	50,6	[52,9]	52,6	57,8	51,9	49,2	[51,8]	
Øienhule	92,6	90,4	86,3	82,9	87,1	76,9	82,2	88,5	87,5	83,7	93,0	83,3	73,8	79,0	95,1	80,4	80,9	
Næse	44,2	47,2	47,4	48,9	47,2	56,2	47,2	40,6	45,2	46,4	43,9	43,3	57,4	54,3	57,4	50,9	49,0	
Gane	73,2	62,0	76,3	76,9	79,6	75,0	77,1	81,2	—	86,0	87,2	98,0	84,0	82,3	86,0	84,6	85,4	

¹ Se næste Side.² I Millimeter.³ No. i Samlingen.

Kraniemaal.¹

Oslø.	Trondhjem.					Skraahovdele.			Stenaldersgruppe.				Skien (Gimso).			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
St. Marie Kirkeg. 170	446	387	391	462	464	Tons- berg 243	Tons- berg 313	Sor- engen 112	Sole 341	Sor- engen 146	Sor- engen 105	Stenalders- kranium fra Svelvik	569	561	570	555
197	185	190	182	181	186	179	175	187	192	189	182	187	172	173	174	173
[160]	147	150	146	145	147	141	134	141	144	139	142	141	143	146	139	142
138	133	129	126	126	126	131	126	135	124	141	127	141	126	127	133	141
104	116	100	100	99	98	95	88	95	96	96	100	96	100	92	91	101
128	131	128	119	115	112	119	102	117	115	123	126	119	123	118	116	118
150	143	148	132	138	139	138	133	135	135	130	138	134	136	143	136	139
140	140	140	135	128	131	130	—	135	132	132	132	132	140	133	132	139
104	105	101	101	100	97	99	91	100	100	106	101	101	95	91	92	—
143	138	135	[139]	139	136	134	127	132	[125]	136	129	[130]	—	122	126	—
69	[62]	72	64	68	70	65	71	72	60	[61]	63	60	67	69	65	—
100	100	100	90	93	93	100	85	94	93	—	94	99	88	94	87	—
45	42	42	45	40	39	44	39	42	43	43	38	42	35	37	40	—
38	33	36	33	33	37	35	34	38	32	34	32	30	33	33	35	—
49	48	54	49	49	52	46	51	55	49	49	47	42	52	46	47	—
26	28	25	24	26	25	27	29	26	27	28	27	27	25	22	24	—
55	50	49	57	51	49	51	54	47	50	50	51	47	40	41	36	—
44	46	44	45	39	42	44	41	42	39	46	44	46	35	35	36	—
[81,2]	79,4	78,9	80,2	80,1	79,0	78,7	76,0	75,4	75,0	73,5	78,0	75,4	83,7	83,0	79,8	82,0
[70,0]	71,8	67,8	69,0	69,6	67,7	73,6	72,0	72,1	64,5	75,0	69,2	73,2	73,2	73,4	76,4	81,5
[86,2]	87,2	86,0	86,3	86,8	85,1	93,2	94,0	95,7	86,1	101,1	89,4	97,1	88,1	87,0	88,4	99,2
48,9	[44,2]	53,6	[46,0]	48,8	51,4	48,5	55,9	51,4	[48,0]	[44,1]	48,8	[46,1]	—	56,7	53,1	—
84,4	78,5	85,7	73,3	82,5	94,8	79,5	87,1	87,5	74,4	79,0	84,2	71,4	94,2	85,0	87,5	—
53,0	58,3	46,2	49,1	50,9	48,0	58,6	56,8	46,1	55,1	57,1	57,4	64,2	48,0	47,7	51,0	—
80,0	92,0	80,5	78,9	76,4	85,1	86,2	73,0	80,2	78,0	90,2	80,2	97,8	87,5	83,8	100,0	—

Foranstaaende Tabel (Side 30 og 31) indeholder Maal for de Kranier, som er benyttede ved Beregning af Middelværdier, og et par (No. 7 og 34) andre foruden Skraahoved- og Stenaldersgruppen, som er repræsenteret ved 7 Kranier. Et meget større Antal er maalt, men jeg har troet at kunne indskrænke mig til disse, som giver en tydeligere Oversigt. Alle Maal er tagne med Virchows Krumpasser og Centimetermaal (Virchows Apparat). De, som paa Grund af Defekt ikke har kunnet bestemmes fuldt nøiagtigt, dog tilnærmelsesvis, er sat i Klammer. De vil antagelig overalt temmelig nær svare til de virkelige Afstande.

Ansigtubredden er bestemt som Afstand mellem de mest fremspringende Punkter af Arc. zygomatici. Ganelængden er som sædvanligt taget fra Mellemrummet mellem de to midtre Skjæretænder til Spidsen af Spina, Ganebredden fra Mellemrummet mellem næstbagerste og bagerste Kindtænder. Da undertiden Spidsen af Spina synes afbrudt, kan Længden derved undertiden falde lidt kort.

Hvad Hovedskallens Høidemaal angaar, da er det taget fra forreste Rand af Foramen magnum vertikalt. Det vil saaledes ikke altid nøiagtigt svare til Beliggenheden af en gennem det høieste Punkt trukken Horizontal.

Vedkommende norske Kraniers Forhold til andre europæiske Kranieformer.

Som før nævnt svarer *Eckers* »Reihengräbertype« idethele til *Barths* »Vikingtype« og *A. Retzius's* »Nordbotype«. E. henfører Reihengräberkraniet til det 5te—8de Aarhundrede efter vor Tidsregning og antager, at Typen er af allemannisk eller frankisk Æt, saaledes egentlig hjemmehørende i det nordlige Tyskland, medens dens Optræden i Syd-tyskland er grundet paa Stammevandring sydover. En aabenbart nærstaaende Type er *His* og *Rüttimeyers* schweiziske »Hohbergtype«. Den ansees af *His* som romersk, men *Ecker* fremholder, som det synes med fuld Ret, at den væsentlig har Reihengräberformen.

Ved Siden af »Reihengräberkraniet« opstiller *Ecker* en Type, som han kalder »Hügelgräbertypen«. Han beskriver den saaledes:

»Kranierne af denne Type viser ligeledes (j: som Reihengräberkraniet) en ikke ubetydelig Længde, dog er de ikke smale. Tubera parietalia er i Regelen temmelig tydelig udprægede, og Kraniet er i Flugt med disse bredt. Norma verticalis er pæreformet, Panden forskjellig udviklet, Arcus superciliares hos mandlige Kranier mestendels tydelig fremtrædende, Pandenæsevinkelen dybt indskaaret. Issen hos begge Kjon smukt hvælvet uden sagittal Kant, Tindingerne fra Isselinien af ikke saa lodret affældende, men noget hvælvede, derfor er Kraniet i Norma verticalis ganske forskjelligt fra det ægte Reihengräberkranium. Baghovedet er vel udviklet uden Afsats mod Issen, ikke fremstaaende og tilspidset, men tydelig hvælvet.«

Forfatteren afgrændser dog ikke denne Type noiere og anser den nærmest for en Middelform. Paa den anden Side fastholder han, at den er forskjellig fra Reihengräbertypen og antagelig tilhører en ældre Befolkning, som slutter sig til Pælebygningsfolket (*His's* »Siontype«). Angaaende dens historiske Stilling vil han ikke nærmere udtale sig, kun stiller han sig mod Benævnelsen »keltisk«, da han ikke har kunnet bringe paa det rene, hvad derved skal forstaaes. Denne Type forekommer almindeligst i de ældre Enkeltgrave, sjældnere i Rækkegravene. Blandt den schwabiske Nutidsbefolkning er Reihengräbertypen ganske forsvunden, hvorimod Hügelgräberformen »gjennem talrige Overgange« hænger sammen med den brachycephale Nutidsform.

Saavidt kan sees, er dog ikke de af *Ecker* under Hügelgräbertypen opførte Kranier ensartede.

Angaaende denne Types Forhold til norske ældre Jernalderskranier er tidligere berørt en fremsat Hypothese. Dens Forhold til de her beskrevne Særtyper, som turde være vel saa nærliggende, maa dog lades uafgjort.

Af *Eckers* Maal for disse Grupper skal jeg kun anføre Hovedskallens Længde- og Breddemaal. Disse er for

Reihengräbertypen.

	Maxim.	Minim.	Middel.
Længde ¹ . . .	201	183	191,0
Bredde . . .	144	129	136,3
Index . . .	74,8	66,6	71,3

Hügelgräbertypen.

Længde . . .	202	176	186,0
Bredde . . .	155	140	146,6
Index . . .	82,9	75,2	78,87

Hvad *Heideindex* angaar, da kan den efter *Eckers* Maalemethode ikke stilles sammen med den paa almindelig Maade beregnede, idet han har benyttet et eget Høidemaal, som han kalder »aufrechte Höhe« (fra bagre Rand af For. magn.). Han har imidlertid ogsaa angivet »ganze Höhe« for de enkelte Kranier, hvorefter *Virchow* (i sit ovenfor anførte Værk) har beregnet Indices, hvilke han har sammenstillet med Indices for frisiske Kranier. V. finder *Eckers* Reihengräberkranier at have en gennemsnitlig Høideindex af 72,2 (gennemsnitlig Høide 13,5). Men af 19 Kranier havde dog 7 Index under 70. Maximum af Høiden var 15,2, Minimum 12,0.

Virchow har foruden de frisiske Kranier tillige beskrevet endel Kranier fra andre nordtyske Egne og dertil omhandlet 18 *Kranier fra Sydtyskland (Wiesbaden)*. For de sidstnævnte har han fundet følgende Længde, Bredde og Høidemaal:

Kranier fra Wiesbaden.

	Middel.	Mænd.	Kvinder.
Længde . . .	179	186	176
Bredde . . .	134,9	140,7	131,5
Høide . . .	133,6	141,8	129,6
Breddeindex	74,9	75,6	74,6
Høideindex.	73,8	75,6	73,6

¹ »Største Længde«.

Disse Maal svarer nogenlunde til de af *v. Holder* for *Württembergiske* Kranier fundne. Begge er dog ved sin store Middelhoide saavidt forskellige fra *Eckers* Maal for Reihengräberen, at den fuldstændige Identitet af Typerne vel neppe kan ansees for sikker.

Maaske af end større Interesse med Hensyn til de norske Kranier er Virchows Beskrivelse af de *frisiske*. Disse Undersøgelser vedkommer især Befolkningen paa nogle Øer i Zuydersøen.

De herfra stammende Kranier har efter de i V.s Afhandling afbildede væsentlig samme Former som de norske. To af dem svarer til den her beskrevne Nordbotype, et par synes nærmest at være Varianter, og et enkelt ligner paafaldende det ovenfor beskrevne rhomboidale Trønderkranium, et enkelt har Ansigtsform som vort mesocephale Stenalderskranium. De frisiske Kranier udmærke sig fra Reihengräberen ved sin noget større gennemsnitlige Bredde- og noget mindre gennemsnitlige Hoideindex, og deres Middelforhold i denne Henseende vil være omtrent tilsvarende til de norske Kraniers. Middelkephalindex er kanske lidt højere (c. 77)¹, men der forekommer meget lavere Indices lige til omkring 70 og talrige højere indtil omkring 85. Forholdene synes at have været i Hovedsagen ensartede paa de forskellige undersøgte Steder, dog er Brachycephalerne mere fremtrædende paa enkelte af Øerne end paa andre.

V. antager efter de af ham anførte historiske Data, at Friserne allerede før vor Tidsregnings Begyndelse har været bosatte i det vestlige Nordtyskland og efterhaanden af senere indvandrede Stammer er trængt ud mod Nordsøkysten, medens den efter dem kommende germaniske Befolkning (Hermionerne) indtog det østligere Landomraade. Det lades uafgjort, om der før Friserne har været bosat andre, specielt brachycephale Folk i det vestlige Nordtyskland, men han antager som sandsynligt, at Friserne allerede ved sin Indvandring har haft en saadan Bestanddel. Den mærkelige Lighed af de lave Friserkranier med Neanderthalkraniet fremholdes.

Følgende Hovedindicer anføres (tilføiet i et Tillæg til V.s Afhandling, hvori forøvrigt endel Rettelser):

	Øerne			
	Marken.	Urk.	Schokland.	Alle Øer sammen.
Antal Kranier . . .	9	6	5	20
	Mandkj. Kvindekj.	Mandkj. Kvindekj.		
Længdebreddeindex. .	77,0 76,6	78,7 78,8		
	<u>76,9</u>	<u>78,4</u>	77,8	77,5

¹ V. benytter »største Længde«.

	Marken.		Øerne		Alle Øer sammen.
	Urk.	Schokland.			
Længdehøideindex . .	69,6 66,4	70,7 73,4			
	68,6	71,3	71,8	69,8	
Breddehøideindex . .	90,4 87,4	89,9 95,2			
	89,4	90,9	94,2	90,5	
Auricularhøideindex .	60,8 58,0	56,1 62,1			
	59,7	58,1	58,9	59,0	

De *gammel-britiske Kranier*¹ viser to Former, som kan stilles sammen med de her fundne. Den ene er den *angelsachsiske*, som i alt væsentlig stemmer med Norbotypen og Reihengræbertypen. Den anden er brachycephal, udmærker sig ved skraa Pande med udprægede Buler, et afrundet Baghoved og bredt Ansigt. Derimod forekommer blandt de norske ældre Skeletkranier kanske ikke noget fuldt tilsvarende til den oldbritiske Dolichocephal med (efter Afbildingerne) poseformigt fremstaaende Baghoved. Maaske finder man undertiden en lignende Form hos vor nuværende brunette Befolkning.² Et enkelt hos *Davis & Thornam* afbildet »kaledonisk« Kranium ligner i høi Grad enkelte platycephale norske Kranier.

At fæste sig ved mulige Analogier med forskjellige andre Kranieformer i fjernere europæiske Lande eller med Former fra den længst tilbageliggende Oldtid vilde vel for Tiden bringe lidt Udbytte. Dog kan jeg ikke undlade at paapege en paafaldende Overensstemmelse i Udseende mellem de meso-brachycephale Grupper og et af *Solutré*-kranierne (Skr. No. 1 *Quatrefages & Hamy*, *Crania ethnica*). Det er af samme Kefalindex som Trøndertønsbergkranierne og har væsentlig samme Skalle- og Ansigtsform, er ortognat og afplattet ligesom disse. Maalene forovrigt kan paa Grund af de forskjellige Maalesystem vanskelig sammenlignes.

En fuldstændigere Oversigt over de gamle *svenske* Kraniefund, der efterhaanden er betydelig forøgede, giver først *G. Retzius* i hans 1899 udkomne »*Crania antiqva svecica*«. Dette Værk indeholder fotografiske Afbildninger af 104 Kranier fra ældre Perioder.

Det fremgaar af disse, at Hovedskalformerne ligesom fra den ældste Tid har været for den største Del dolicho- eller mesocephale, i liden Udstrækning brachycephale.

¹ Davis & Thornam »*Crania britannica*«.

² Se ogsaa nedenfor S. 44 (Sognetypen).

Blandt 42 Kranier fra *Stenalderen* forekommer af rene Dolichocephaler 23, Mesocephaler 16, Brachycephaler 3. Dolichocephalerne har Middelindex 72,1, Mesocephalerne 77,8. Samtlige Stenalderskranier har Middelindex 75,1. Det største Antal af Dolichocephalerne falder paa Index 72 og 73, af Mesocephalerne paa Index 78. Høieste Index for Brachycephalerne 85.

Af 20 *Broncealderkranier* findes 17 Dolichomesocephaler og 3 Brachycephaler med enkelte Indices fordelt fra 68 til 82.

Af 42 *Jernalderskranier* er 28 rene Dolichocephaler, 10 Mesocephaler og 3 Brachycephaler, Index for Dolichocephaler 72,2, for Mesocephaler 76,0. Høieste brachycephale Index 80. Det overveiende Antal (18) falder paa Indices 71, 72 og 73.

Det er væsentlig samme Former, som gjenfindes i de forskellige Perioder, blandt disse som forherskende de dolichomesocephale Former, der har karakteriseret den germaniske Befolkning idethele, og som fremdeles forekommer i væsentlig uforandret Skikkelse. Endel af Mesocephalerne og de faa Brachycephaler vil vistnok frembyde større Vanskelighed for Gjenkjendelse i senere eller nuværende Former.

Det ligger selvfølgelig nær at sammenligne de svenske gamle Kranier med de norske saalangt tilbage, som dertil er Anledning. Den største Sandsynlighed taler allerede for, at det sydvestlige Sverige, i hvilket de fleste Fund er gjort, har havt en nærmest ligeartet Befolkning med ialfald det sydøstlige Norge, og at vel ogsaa dette Land helt eller delvis har modtaget Indvandrere fra samme Kanter som de nævnte svenske Landskaber.

Det viser sig ogsaa ved Sammenligning, at de forskellige svenske Kranieformer oftest har mere eller mindre fuldstændige Paralleler blandt de norske Kranier, saavel de fra Vikingtiden som de her mere specielt omhandlede middelalderske. Men Fordelingen mellem de forskellige Former indbyrdes kan være noget forskjellig fra den, der forekommer i norske Fund. Størst Lighed i denne Henseende har de med de gamle Oslokranier, blandt hvilke den dolichocephale Type med elliptisk Gjennemsnit ligesom blandt de svenske Oldkranier er den overveiende hyppigste, medens brachycephale Former saagodtsom ikke forekommer.

Af mere specielle Former, der er fælles, skal jeg nævne de to her almindeligste dolichocephale, den lave lange Hovedskalle (lav Friserform?) og den høiere med noget brattere Pandedel og Tværindsænkning under Pandens øvre fremspringende Parti (s. ovf.). Førstnævnte Form sees hos Retzius's No. 9 og 12 (Stenalderen), 65 (Broncealderen), 86 (Jernalderen). Ogsaa 90 har nærmest samme Form, men har forøvrigt nogen Lighed

med det af *A. Retzius* afbildede Ölandskranium.¹ Den anden Specialform er mere almindelig. Som mere udprægede Exemplarer kan nævnes No. 1, 16 m. fl.

Af særlig Interesse er *G. Retzius's* Kranium No. 2. Det betragtes af Forfatteren som Typus for det *kvindelige* Stenalderskranium.

Jeg har tidligere gjort opmærksom paa, at dets Skalleform med den stærke Tilspidsning bagover og forover minder om en især blandt de trønderske Kranier hyppig forekommende. Hvorvidt R. anser netop dette Særkjende som eiendommeligt for Stenalderens Kvindekranium, kan ikke sees. Som før nævnt kan det for de norske Kraniers Vedkommende neppe tilkjendes en Stilling som typisk kvindeligt Mærke. Denne Form sees forøvrigt ogsaa hos et af Jernalderskranierne (No. 82).

De faa brachycephale Kranier, som er optagne i *Retzius's* Værk, vil vanskeligere kunne sammenstilles med de forholdsvis talrige og meget forskelligformede norske Brachycephaler. Et enkelt Kranium fra Skeen nærmer sig i Form til *Retzius's* No. 39. Forøvrigt vil det vistnok være vanskeligt saavel blandt de svenske Brachycephaler som blandt de høigradige Mesocephaler at paavise bestemte Sidestykker, om der end hist og her kan findes nogen Lighed i Formen. Dog kunde det være muligt, at nogle af Jæderbrachycephalerne i denne Henseende kunde forde Opmærksomhed. Enkelte andre Former, som forekommer blandt de middelalderske norske Kranier, sees heller ikke blandt *Retzius's* Afbildninger; saaledes kan fornemmelig fremhæves endel af de ovenfor beskrevne meso-brachycephale trønderske Kranier.

Resultatet af *G. Retzius's* Undersøgelse er, at der i Sverige gennem alle Tider er forekommet en dolichocephal Type, der har været den overveiende forherskende, og en eller to brachycephale Typer med forholdsvis liden Udbredning. I sin Klassifikation gaar han i det væsentlige ud fra Kefalindex som det bestemmende Mærke, der lægges dog ogsaa Vægt paa andre Formeiendommeligheder.

Ved Sammenligningen mellem svenske og norske ældre Kranier maa erindres, at de svenske ældste Fund fornemmelig er fra det sydvestlige Sverige, medens Fundene fra Bronze- og Jernalderen for en stor Del ogsaa vedrører den østlige Del af Landet, Østersølandskaberne og Øerne i Østersøen, og at de norske Jernalders- og middelalderske Kranier repræsenterer Befolkningen i forskellige stærkere skilte Dele af Norge, Østlandet, Sydvestkysten, Trondhjems Stift og for Jernalderens Vedkommende Nordland.

¹ Det førstnævnte Stenalderskranium har som mange af de norske af lignende Form usædvanlig stærkt fremspringende Næseben.

Den ældre Befolkning i det sydvestlige Sverige og den ældre Befolkning i det sydøstlige Norge synes at stemme temmelig stærkt overens og væsentlig at have omfattet den dolichocephale Type, som nærmest er identisk med »Reihengräbertypen«, men desuden mesocephale eller brachycephale Former af uvis Oprindelse. Det sydvestlige Sverige, hvor Skeletterne fra de senere Perioder hyppigst er fundne, har et relativt end større Antal Dolichocephaler, medens det sydvestlige Norge og idethele Kystdistrikterne fra Christianiafjorden vestover til Stavanger viser et mindre Antal egentlige Dolichocephaler, men forholdsvis flere Meso- og Brachycephaler. I det nordlige Norge er karakteristiske ældre Kranier af den nordiske Dolichocephal fundne saa langt op som til Lofoten eller Vesteraalen. I det trondhjemske Fund er det overveiende Antal nærmest at henhøre til samme dolichocephale Type, medens der dog er en stærk Tilblanding af fremmede Elementer, hvis Forbindelser vanskelig for Tiden kan paavises.

Endel *svenske Kranier fra den senere Middelalder* er omhandlede af *Clasen*.¹ Han finder blandt disse et stort Antal »ovoide« og færre »elliptiske«, hvorved dog, saavidt kan skjønnes, den sidste Betegnelse strækkes temmelig langt (han henregner saaledes det i *Barths* Skrift Pl. 11 afbildede Kranium med udprægede Issehuler til de elliptiske). Men han nævner, at dette Forhold ikke stemmer med det i Sverige almindelige, idet de elliptiske Former ellers er i Flertal, og antyder, at muligens det sydlige og vestlige Sverige har mere ovoide, det midtre og østligere mere elliptiske Former.

En Sammenligning mellem norske og danske ældre Kranier kan kun ske i lidet Omfang paa Grundlag af, hvad der om danske Kranier er offentliggjort. Samtlige danske Kranier, som har været Gjenstand for antropologisk Behandling, er saavidt vides fra Øerne, medens der ikke foreligger noget angaaende saadanne fra Fastlandet, der med Hensyn til den norske Vestlandsbefolkning vilde være af særlig Interesse.²

Det synes, som om de fleste Kraniefund fra Øerne staar nær de svenske. Kun i et enkelt (Borrebyfundet, vistnok det største) er Kranierne ialfald delvis af anden Typus. *Eschricht* afbilder (allerede i 1837) et Stenalderskranium fra *Meen*. Det var det samme Kranium, som gav *Sv. Nilsson* Foranledning til at opstille sin Theori om en forhistorisk Lappebefolkning i de nordiske Lande, hvorpaa dog E. ikke vilde gaa ind trods sin Forkjærlighed for Theorien. *Virchow* har heller ikke fundet, at dette Kranium havde væsentlig Lighed med Lappekraniet.

¹ Upsala Läkareförenings Förhandlingar, ny följd, 2.

² Der skal dog findes nogle jyske Kranier i den arkæologiske Samling.

Et meget lignende Kranium findes afbildet i *G. Retzius's* forannævnte Værk.

Fra *Virchow* foreligger den mest udførlige Beskrivelse af de danske Oldkranier. Han fandt hos Stenalderskranierne en mesocephal Middelkefalindex (77,3), for Borrebykranierne (25 Stykker) en noget højere (79,0), for de øvrige Fund, som dog omfattede færre Exemplarer, kun c. 76. I det hele fandt han saaledes de danske Stenalderskranier af nogenlunde den samme Middelindex, som *G. Retzius* siden har fundet hos de svenske. *Virchow* opkaster Spørgsmaal om, hvorvidt Borrebyfundet indeholder danske eller fremmede Kranier (Krigsfanger?). Han gjenfinder imidlertid samme Kranieformer hos Nutidens danske Befolkning. Stenaldersfolket synes mest at have været mesocephalt, dog tildels dolicho- og brachycephalt (som i Sveriges sydlige Landskaber). De af *V.* undersøgte Bronze- og Jernalderskranier vise gennemgaaende fremtrædende Dolichocephali. Et af *Eschricht* afbildet Bronzealderskranium antages af denne at være »keltisk«. Efter Tegningen at dømme staar det nær den her før omtalte lavskallede Form, som temmelig hyppigt forekommer blandt norske Kranier (Friserform?).

Blandt Borrebykranierne er der et enkelt (No. 5), som har særlig Interesse ved sin mærkelige Lighed med de norske Kranieformer, som her er opførte under Benævnelsen »Skraahoved«. Dette danske Stenalderskranium er mesocephalt med nogenlunde samme Index som det mest eiendommelige blandt de nævnte norske (Borrebykr. c. 78, det norske Kranium 78,7). Dette Kranium henføres af *Quatrefages & Hamy* (*Crania ethnica*) til »Canstatttracen« og stilles sammen med det lave Friserkranium og Neanderthaltypen, saaledes ogsaa ved Siden af den dolichocephale norrøn-germaniske Type. Hvad de norske Former angaar, saa er der dog væsentlige Forskjelligheder baade i Hovedskal og tydeligst i Ansigtsskelettet. De nævnte Forfattere afbilde ogsaa et ganske lignende Kranium af en dansk historisk Personlighed fra den senere Middelalder. Hos den nuværende norske Befolkning kan af og til forekomme Kranier af denne Form, dog uvist om blandt Landbefolkningen. De Individuer af dette Slags, som jeg har seet, har havt brunet Habitus og et fra den norrøn-germaniske Type forskjelligt Præg.¹

¹ Hos *Ecker* forekommer et lignende Kranium, ligeledes et hos *G. Retzius*. Dette antages dog af Forfatteren at være deformt.

Det kunde ligge nær at stille de her beskrevne mesocephale og brachycephale Kranier ved Siden af de af *Kollmann* sammenstillede europæiske chamæprosope Mesophaler eller Brachycephaler.¹ Nærmest vilde de maaske kunne sammenlignes med Brachycephalerne. Der synès dog ikke at være udpræget Identitet, og det vil strax sees, at der er en Forskjel deri, at de opførte norske Typer strækker sig ud over baade det mesocephale og det brachycephale Omraade, hvilket dog muligens tildels kan henføres til Observationsmetoden. Hvad *Kollmanns* Mesocephaler angaar, kunde det beskrevne norske Kranium fra Stenalderen kanske nogenlunde sidestilles disse (s. ovenfor om de svenske Mesocephaler).

Forøvrigt kan noteres, at ogsaa den nævnte Forfatter omtaler Ligheden mellem et af Solutrékranierne og de europæiske chamæprosope Mesocephaler og som det synes ligefrem henfører disse til den ved dette Kranium repræsenterede Type.

De af *Kollmann* opførte Middelindices, som svarer til de her opførte, er for de to nævnte Klasser følgende:

	Chamæpr. Mesocephaler.	Chamæpr. Brachycephaler.
Længdebredde .	77,2	84,0
Længdehoide . .	73,8	78,2
Høidebredde . .	95,6	92,7
Overansigt . . .	48,1	46,9
Øienhule	79,8	82,0
Næse	55,5	48,4
Gane	—	85,1

¹ Beiträge zu einer Kraniologie der europäischen Völker. (Archiv für Anthropologie 13de og 14de Bind).

Tillæg.

I. Den mørkhaarede Gruppens brachycephale Form.

Blandt de afbildede Kranier findes som af foranstaaende Fortegnelse sees et, som er henført til den ovenfor nævnte Gruppe af den nulevende Befolkning. Som før bemærket har denne Gruppens Kranieformer hos levende Individer endnu ikke været Gjenstand for en mere indgaaende Undersøgelse, og det vil saaledes ialmindelighed ikke være let med større Sikkerhed at paavise den blandt Skeletkranierne, saameget mere som de i mange Tilfælde synes at have Lighed med Former hos den norrøn-germaniske Type (om oprindeligt eller paa Grund af Blanding er ikke tilstrækkelig kjendt). Der har saaledes nærmest kun været Anledning til at fremhæve Sandsynligheden af, at den blandt de dolicho- og mesocephale Kranier fra Middelalderen kan antages at have adskillige Repræsentanter.

Med Hensyn til de *brachycephale* Kranier af denne Gruppe vil det ialmindelighed ogsaa stille sig vanskeligt med større Sikkerhed at udtage saadanne, som ikke kan antages at maatte henføres til de ovenfor omhandlede Grupper. Imidlertid findes nogle faa Kranier i Skeensfundet, som synes at være mere end almindelig karakteristiske og med et særligt Præg, som kan gjenkjendes fra den nuværende levende mere udpræget mørkhaarede Befolkning. Det er meget smuktformede sandsynligvis kvindelige Kranier.

Disse Kraniers Maal og Forholdet af de enkelte Indices er opført paa Tabellen under Overskrift »Skien«. Det er ialt 4, af hvilke dog det ene mangler Ansigtsskelet og saaledes forsaavidt kunde ansees for mindre sikkert.

Middelindices stiller sig saaledes for de 3 første Kranier:

Længdebreddeindex	82,4
Længdehøide	— 74,3
Breddehøide	— 92,5
Ansigts	— 54,9 (for 2 Kranier)
Øienhule	— 88,8
Næse	— 48,9
Gane	— 90,6

Af disse Tal fremgaar: gjennemsnitlig udpræget Brachycephali, stor Høide i Forhold til Længde og Bredde, langt Overansigt, relativ stor Høide af Øienhulene, middels smal Næse, bred Gane.

Sammenlignes de med de ovenfor sammenstillede meso-brachycephale Grupper, saa er Forskjellen saa iøinefaldende, at det er unødvendigt nærmere at paapege den. Det er igrunden kun Længdebredde- og Gane-index, som har nogenlunde samme Forhold, dog ligge begge mere jevnt høit.

Hvad Kranernes Præg i det hele angaar, saa er dette ganske forskjelligt fra de nævnte mesobrachycephale Kraniers. De her omhandlede Kranier er usædvanlig smuktformede, medens de mesobrachycephale korte og brede Ansigter med fremstaaende Kindben neppe kan siges at gjøre noget regelmæssig smukt Indtryk.

Om det ogsaa for Tiden ikke kan være fuldkommen sikkert, tror jeg dog, det er overveiende sandsynligt, at disse Kranier er typiske Repræsentanter for den mørkhaarede Gruppens *brachycephale* Form.

Hvorvidt de er norske eller fremmede (saaledes muligens af udenlandske Nonner), derom er det umuligt at have nogen bestemt Mening. Sandsynligheden taler selvfølgelig for deres norske Herkomst. Det er derfor ikke udelukket, at de mere eller mindre kan stilles sammen f. Ex. med den mørkhaarede tyske eller engelske Type. Dette vilde da falde sammen med Sandsynligheden af, at denne som andre Kranieformer har Repræsentanter baade i den engelske, tyske og skandinaviske Befolkning. Man vil blandt vor nulevende Befolkning hyppig nok kunne se lignende Former hos Individuer med udtalt mørk Habitus.

Hvorvidt den mørkhaarede Befolkning i Norge (i Nordeuropa) omfatter flere Typer eller er væsentlig ensartet, derom er det for Tiden vanskeligt at dømme. At den er stærkt varierende, er sikkert nok, men det er et Spørgsmaal, hvorlangt dette kan tilskrives Blandingsforhold. Selvfølgelig kan der være forskjelligartede Befolkningstyper inden dens Ramme, og navnlig tør italiensk Afstamning, idethele Indblanding af Middelhavsfolk, indtage en liden Plads. For den større Del synes ialfald her i Landet en egenartet Type at være raadende, i de talrigste Tilfælde mesocephal, ogsaa hyppig brachycephal, mest i ringere Grader, en enkelt Gang dolichocephal. Den synes idethele at udmærke sig ved større Høide end de øvrige her forekommende Typer, ved brattere Pande, opadstigende Forhoved og større Fylde over det bagre Isseparti, selvfølgelig med mange Variationer.

II. Sognetypen.

Efterat foranstaaende Sammenstilling var affattet, indkom til Samlingen 7 Kranier fra Sogndal (Indre Sogn). Disse Kranier frembyde særegen Interesse fornemmelig derved, at de er fra en Del af Landet, hvis Befolkning allerede længe har været kjendt som meget eiendommelig, ogsaa fordi paa de fleste af dem kan konstateres Haarfarven ved fasthængende Haarrester.

Til at faa fuldstændigere Oversigt over Sognekraniernes Eiendommeligheder vilde selvfølgelig fordres et større Antal. Dog indeholdes der i dette lille Fund interessante Data, som gaar i Retning af, at den her repræsenterede Type i flere Henseender staar isoleret fra andre kjendte norske Kranietyper.

Hvorvidt samtlige Kranier fuldstændigere tilhøre samme Type, vil for Øieblikket neppe med fuld Sikkerhed kunne siges. Fornemmelig vil der kunne frembyde sig Tvivl med Hensyn til No. 5 og 6, som er udpræget dolichocephale, og af hvilke det ene sees at have været af et lyshaaret Individ. Dog har de begge den eiendommelige Hovedform, som Gruppen i det hele frembyder.

Som af vedføjede Tabel sees, gaar *Længdebreddeindex* fra 72 til henved 80, med et Middel af omtrent 76 saavel for mandlige som for kvindelige Kranier. *Heideindex* er temmelig liden: *Overansigtet* er temmelig langt med middels stor Index, *Øienhulerne* noget høie, *Næsen* udpræget smal, *Ganen* af middels Bredde.

Disse Forhold stemmer temmelig nær med den ovenomhandlede norrøngermaniske Dolichocephals. Fra denne skiller disse Kranier sig dog ved sin relativt noget større Bredde men fornemmelig ved det gennemgaaende eiendommelige Skallegjennemsnit 1, som kan paavises (mere eller mindre udpræget) hos samtlige 7 Kranier. Det er to Eiendommeligheder, som er mest fremtrædende, flaskeformet Gjennemsnit og fladt lavt Isseparti, dertil ofte paafaldende kort Baghoved.

Paa 4 af Kranierne kan Haarvæksten sees at have været sort eller mørkebrun, paa 1 lysblond, 2 mangler Haarrester. Da Befolkningen i indre Sogn for en stor Del er mørkhaaret (fornemlig Sogndals og Lærdalsbefolkningen), kan Haarformen her være væsentlig ledende ved Bedømmelsen af Kraniernes Typeforhold, men selvfølgelig ikke i og for sig afgjørende.

¹ Dette er dog ikke udtalt tilstede hos det Pl. V afbildede Kranium, som forøvrigt er meget karakteristisk i sin Helhed. Det tør kanske være af Interesse, at netop den samme meget eiendommelige Norma verticalis sees hyppig hos de af *Davis & Thornam* afbildede dolichocephale engelske Oldkranier.

Den mørkhaarede Sogning gjør Indtryk af en aandeligt og legemligt egen Type, mørk, livlig, letbygget og letbevægelig med let Opfatning. Der findes neppe andre af Fjordtyperne, som kan stilles ganske sammen med Sognetypen. Det viser sig af de her omhandlede Kranier, at disse ogsaa indtage en egen Plads blandt de hidtil kjendte norske Kranier. I Korthed kan Kranieformen betegnes som mesocephal, lavskallet, langansigtet, Habitus brunet.

Vedføiet er Maal for de 7 Sognekranier med beregnede Middelmaal og Indices:

Sogndal (Sogn).

	1	2	3	4	5	6	7
	M.	Kv.	M.	Kv.	M.	Kv.	Kv.
Længde	198	180	186	183	186	183	183
Bredde	134	142	142	146	137	132	137
Høide	126	126	131	121	130	124	123
Pandebredde	102	99	96	102	99	96	100
Forhoved	129	115	118	120	113	111	117
Isse	143	132	132	131	133	127	134
Baghoved	144	137	130	124	133	124	126
Basislængde	100	99	107	90	98	99	96
Ansigtbredde	148	128	131	123	130	120	123
Overansigtshøide	82	64	70	67	71	68	69
Kindbredde	100	94	94	87	95	86	87
Øienhule-Bredde	45	36	44	41	42	40	42
— Høide	38	32	39	37	37	36	35
Næse-Længde	57	46	50	50	58	46	54
— Bredde	25	24	26	25	24	20	26
Gane-Længde	57	45	63	49	52	48	53
— Bredde	43	42	44	37	43	37	43
Proc. alv. Høide	24	19	18	16	21	23	17
Afst. mellem Øienhulernes indre Væg	29	27	29	26	28	27	27
Længdebreddeindex	77,7	78,3	76,4	79,7	73,6	72,1	76,0
— Høide —	64,1	70,0	70,4	66,1	69,8	67,2	69,4
Breddehøide —	81,7	88,7	95,7	82,8	94,8	93,9	91,2
Overansigts —	55,4	50,0	57,8	54,4	54,6	56,6	55,1
Øienhule —	84,4	91,6	88,5	90,2	87,6	88,0	83,3
Næse —	43,8	52,0	52,0	50,0	41,3	43,4	48,0
Gane —	75,4	82,3	69,8	75,5	82,6	77,0	81,1
Haarfarve	S. Br.	S.	S.	o	o	Bl.	Br.

Sammendrag:

	Middelindex	Mand	Kvinde
Længdebredde	76,2	75,9	76,4
Længdehøide	67,9	67,8	68,0
Breddehøide	89,2	89,3	89,0
Overansigt	54,2	54,5	54,0
Øienhule	86,9	87,0	86,9
Næse	47,0	44,8	48,4
Gane	78,7	75,6	81,5

III. Den trønderske meso-brachycephale Type inden den nulevende Befolkning.

De sydtrønderske Folketyper.

Nærmest for at komme til Kundskab om, hvorvidt den blandt Universitetssamlingens Trondhjemskranier fundne meso-brachycephale Type forekom blandt Befolkningen i de Trondhjem omgivende Distrikter, og hvorledes de herhenhørende Individer isaafald var prægede, foretog jeg i Løbet af indeværende Sommer endel Undersøgelser blandt de militære Mandskaber af Trondhjems og delvis af Nordmøres Bataillon (for den førstnævnte af Landeværns-, for sidstnævnte af Liniemandskaber). Materialet blev med største Beredvillighed stillet til Disposition af vedkommende Chefer.

De Distrikter, fra hvilke det stammede, var fra Øst af *Stordalsdalføret, Aasen og Frosten, Guldalselvens Dalføre, Selbo og Tydalen, Røros med Landsogn, samtlige nærmest om Trondhjem liggende Bygder, Ørkedalen og Meldalen*. Desuden undersøgtes kursorisk *Kyst-distriktet* med tilliggende Øer i det nordlige Nordmøre. Ialt indgik under denne Undersøgelse 118 Individer fra førstnævnte Afsnit, 34 fra sidstnævnte.

Der toges inden førstnævnte Gruppe Kranimaal (Længde og Bredde) for saagodtsom alle, Overansigtsmaal (Bredde og Høide) og Maal af Pandebredde. Hos Mandskaberne fra Røros og tilgrændsende Bygder i Guldalsdalføret blev dog kun hos enkelte taget Ansigts- og Pandemaal.¹

¹ Ved Maalene bemærkes:

Kraniet:

Længdemaal fra Panden midt imellem Øinene til mest fremst, Punkt af Baghovedets Tuberositet.

I Ørkedalen og Meldalen toges kun Kraniemaal, og i Kystdistriktet maatte jeg noies med enkelte Kraniemaal (væsentlig for Brachycephaler) foruden den almindelige Inspektion.

Desuden noteredes Haarfarve, Øinenes Farve, Pandens, Næsens og Hagens Form og Formen af Kraniumsgjennemsnittet (Norma verticalis).

Grunden til den forskjellige Fremgangsmaade laa for en Del i Ønsket om ikke at strække Undersøgelsen ud over for lang Tid, dels i dens specielle Hensigt, der som anført nærmest var at komme efter, om der i de undersøgte Distrikter forekom brachycephale Individer med den nævnte eiendommelige Kranieform. I denne Henseende opnaaedes allerede Resultat inden Materialet fra de østligt for Trondhjem og om denne By liggende Bygder, og det viste sig snart, at de fjernereliggende ikke eller kun yderst sparsomt frembød lignende Bestanddele. Hvad Kystdistriktet angik, var min Opmærksomhed fornemmelig rettet paa, om der her idethele kunde paavises en saadan Form.

Allerede ved Undersøgelsen af Materialet fra øvre Størdalen (Meraker og Hegre) traf jeg paa endel blonde brachycephale Individer, som havde den omtalte specielle Kranieforms mest fremtrædende Egenskaber, en moderat Brachycephali, noget fremhævede Tindinger, hvælvet Pande og lavt Overansigt. Ansigtet udmærkede sig ved forholdsvis stor Bredde med en stærk Tilsmaling nedad til den lille spidse Hage. Den samme Form (tildels modificeret) gjenfandtes i nedre Størdalen, i nedre Guldalen og Bygderne nærmest om Trondhjem, kun enkeltvis i noget fjernere Bygder. I Ørkedalens Dalføre var den omtrent ganske forsvunden. Kun enkelte usikre Antydninger er optegnet herfra og fra Kystdistriktet. I Selbo og Rorodistriktet forekom et par Tilfælde og enkelte Antydninger.

Denne Undersøgelses Hovedresultat meddeles her nu kun som et foreløbigt og af flere Grunde med nogen Reservation for Enkelthedernes Vedkommende.

Breddemaal over mest udstaaende Del af Sidepartiet, saaledes almindelig over øvre bagre Del af Tindingbenet.

Ansigtet:

Breddemaal over mest fremstaaende Punkt af Kindbuen.

Høidemaal fra Sut. naso-frontalis til nedre Rand af Proc. alveolaris.

Pandemaal mellem nærmeste Punkter af Linea semicircularis lige ovenfor Arcus superciliaris.

Alle Maal er tagne med Krumpasser og Centimetermaal. For levende Individer giver denne Methode kanske lidt usikre Resultat, især for Hovedskallens Breddemaal, end Maaling ved Skyveapparat, og jeg maa saaledes i denne Henseende tage lidt Reservation. Jeg har dog valgt det, da samme Methode er benyttet ved Maaling af Skeletkranierne (s. ovf.) og ved Undersøgelsen af Jæderbefolkningen, og jeg ønskede Overensstemmelse i denne Henseende ved samtlige nævnte Undersøgelser.

De mest fremtrædende Eiendommeligheder var: større eller mindre Brachycephali (reduceret til Skeletforhold overgaaende til Mesocephali), forholdsvis bredt Forhoved (fremhvælvede Tindingpartier), Panden hvælvet i Vertikallinien, Overansigtet bredt, lavt, Processus alveolaris lav, det hele Ansigt stærkt tilsmalnende nedad mod den spidse Hage, ret eller svagere bukket Næse, tildels med udstaaende Spids (en forøvrigt her almindelig Form), Profil udpræget ortognat, Haarfarven oftest lysblond, eller mørkere blond, Øienfarven almindelig lysere blaa, i et Tilfælde lysgraalig (lys Blanding af blaat og brunt). I to Tilfælde var Haarfarven mørkere (mørk askeformet og brunlig), Øienfarven blaabrun. Hos disse kunde muligens den mørkere Habitus være overført ved Blanding fra den i vedkommende Bygder hyppige mørkhaarede Befolkning.

Der forekom selvfølgelig som overalt, hvor der er Tale om Typekarakterisering, mange Variationer, enkeltvis tildels gaaende i anden Retning end her nævnt. Det laa ogsaa nær at antage, at de fleste selv de mere udprægede Individer var paavirkede af Blanding. Dette er særskilt noteret for samtlige med Undtagelse af 4.

Som typisk bestemtere udformede Individer, har jeg kun optaget i det hele 13 af de undersøgte 118. Medregnet alle, som syntes at frembyde Paavirkning af denne Type, vil Antallet omtrent blive det dobbelte.

De 13 typiske Individer viste følgende Maal af Hovedskalle og Overansigt:¹

	Bygd.	Skallemaal.			Overansigtsmaal.		Pandebredde.
1.	Meraker	191	155	(81,1)	140	61	109
2.	do.	185	149	(80,5)	141	72	—
3.	Hegre	199	166	(83,4)	148	79	115
4.	Nedre Størdal . . .	191	159	(83,2)	142	71	125
5.	do.	180	157	(87,2)	142	65	115
6.	Strinden	203	160	(78,8)	136	66	110
7.	Horg	200	160	(80,0)	136	71	110
8.	Leinstranden	204	165	(80,8)	147	68	111
9.	Bynæsset	191	163	(85,3)	146	68	110
10.	do.	189	160	(84,6)	142	69	111
11.	Frosten	190	158	(83,1)	141	64	105
12.	Selbo	191	166	(86,9)	148	60	109
13.	Røros	202	167	(82,6)	152	65	117

¹ Den hele Ansigtsslængde blev ikke maalt, da det for mig væsentlig gjaldt at sammenligne dem med Skeletkranierne; ved en mere detailleret Undersøgelse vil dette selvfølgelig være paakrævet.

No. 7, 9, 11 og 13 var opført uden Bemærkning om Blanding.

Middelkefalindex (beregnet efter Sum af samtlige Tal) 83,8 (reduceret 81,8).

Middellængde af Hovedskallen . . . 19,1 Ctm.

Middelbredde - - - 16,0 "

Middel af Overansigtsindex (beregnet paa samme Maade) 46,6 (reduceret ved Fradrag fra Breddemaalet af 6 mm. for Bedækningerne 49,2).

Middelbredde over Kindbuerne 14,3 Ctm.

Middellængde af Overansigtet (fra Sutura naso-frontalis til nedre Rand af Pr. alveolaris) 6,7.

Middel af Pandebredde 11,2.

Det vil bemærkes, at af de opførte 13 Tilfælde 10 falde paa Stordal og de Trondhjem nærmest liggende Bygder, 3 paa fjernere.

Som ovenfor berørt forekom dog desuden blandt de undersøgte Individuer tillige 12, som frembød mere eller mindre trivlsomme Tegn til at være paavirkede af denne Type. Ved Fordeling af det hele samlede Antal sees, at der paa de 10 førstopførte Bygder falder 15, paa de 3 sidstnævnte 8, paa andre tildels fjernere 2.

Sammenlignes de mere udtalt typiske Hoveder med de meso-brachycephale Kranier i Trondhjemsfundet, saa vil Overensstemmelsen være temmelig iøjnefaldende. Desværre kan den hele Ansigtsform ikke bestemmes for Kraniernes Vedkommende, da disse mangle Underkæve. Kefalindex sees at falde noget høiere hos de maalte Individuer, medens Overansigtsindex er nærmere overensstemmende.

Den typiske blonde Brachycephal i de indre trønderske Distrikter viser i mangt og meget Lighed med den blonde Brachycephal paa Jæderen (cfr. »Om Jædertypen«). Tilknytningspunkter findes i Skalleform saavel som i Ansigtsformer og ellers, men der er ogsaa tydelige Forskjelligheder. Særligt kan fremhæves Jærbuens mere brede Underansigt. Indtil videre maa det dog vel kunne antages, at der er Slægtskab mellem disse Typer, hvilket før er fremholdt, hvad Skeletkranierne angaar.

Den trønderske Brachycephal har et mindre Udbredningsomraade end den vestlandske,¹ men der er dog Tegn til, at den inden dette tildels baade er hyppig og gennem Blanding har udøvet en ikke liden Indflydelse paa Befolkningen forøvrigt. Inden Stordalsdalføret og det nedre Guldalsdalføre² falder ca. $\frac{1}{3}$ af de undersøgte Individuer paa den mere udtalte Form, medens ca. $\frac{1}{2}$ vilde falde paa Typen, om Antydninger medtoges. Sandsynligvis er denne Indflydelse endnu mere udbredt, idet man netop i disse Strøg finder en høi Kefalindex almindelig ogsaa hos den blonde Befolkning, som mere har Præg af den norrøn-germaniske Type. Den udmærker sig her ved en Kefalindex fra 79 til over 80. Foruden disse Typer findes endel brunette eller ubestemte Individuer. Til nærmere at fastsætte Forholdene vilde selvfølgelig gjentagne og videregaaende Undersøgelser være nødvendige.

Anderledes stiller det sig for de sydligere og vestligere Bygder. Allerede i *Selbo* begynder den brunette Typus at træde mere frem, i den *øvre Del af Guldalsdalføret*, i *Røroseggen* og *Tyldalen* var den i det hele den herskende, medens den mere udtalte blonde typiske Brachycephal sjeldnere forekommer og tillige den blonde norrøne Type indtager en endmere tilbagetrædende Plads.

Fra *Ørkedalen* og *Meldalen* kom paa faa Undtagelser nær kun brunette Individuer til Undersøgelse.

Uagtet det ikke var nogen Hovedhensigt at konstatere Typeforholdet inden de sydlige trondhjemske Bygder i sin Helhed og der saaledes heller ikke var lagt særligt an paa Undersøgelsen af den brunette trønderske Befolknings Eiendommelighed og Forekomst, tror jeg dog at burde anføre, hvad der af mine lagttagelser derom har fremgaaet, tildels sammenholdt med tidligere Optegnelser fra en i disse Egne foretaget Reise i Udskrivningsanliggender.

Ørkedalen har en særlig Interesse paa Grund af den udbredte Forekomst af denne Befolkningsgruppe, der saaledes ogsaa kan antages at foreligge mere karakteristisk udformet end paa de fleste andre Steder i Landet.

Inden *Ørkedalens* og *Meldalens* Befolkning undersøgtes 22 Individuer, af hvilke kun 3 havde Præg af den blonde, norrøn-germ. Type, medens 17 opførtes under den brunette Gruppe, i ubestemt Blanding, desuden 1 brunet uden tilføjet Maal.

¹ Den nordlige Begrænsning er dog endnu ukjendt.

² Herfra havdes dog faa Individuer til Undersøgelse.

De 17 mørke viste Middellængde af Kraniet	19,5
Middelbredde - —	15,5
Index ber. efter Originaltallene	79,3

Dolichocephal 1 (73,7), Brachycephaler 8 (83,0, 80,2, 81,9 80,2, 83,0¹, 81,0, 81,1, 80,3). Resten var mesocephale med Index mellem 75,6 og 79,6.

I *Singsaas* og *Holtaalen* (Gaulas øvre Dalføre) fandtes af 12 undersøgte Individder 7 mørkhaarede.

Middellængde	19,8 Ctm.
Bredde	15,7 —
Index	79,3 —

Dolichocephal 1 (74,0), brachycephale 2 (84,2, 83,3).

For de øvrige Bygder er i de fleste Tilfælde maalt Hovedskal, Overansigt og Pandebredde. Denne Undersøgelse omfatter 23 Individder af den brunette Befolkning. Herved fandtes:

Hovedets Middellængde	19,4 Ctm.
— — Bredde	15,5 —
— — Index	79,8 —
Ansigtbredde	14,1 —
Overansigtslængde	6,9 —
Index	48,7 —
(Reduceret ved Afdrag af 6	
Ctm. fra Bredden)	50,8 —
Pandebredde	10,9 —

Dolichocephal 1 (74,8), Brachycephaler 13 (tildels høieregaaende), Resten mesocephale mellem 75 og 80.

Af disse Tal vil sees, at den mørke Befolkning i disse Egne optraadte med en (hos det levende Individ noget høj) mesocephal Middelkefalindex, mindre høj i Ørkedalsbygderne, hvor den omtrent svarede til den i det sydlige Østland tidligere fundne, højere i de andre Bygder og fornemmelig i de, i hvilke der forekom Individder af den lyse brachycephale Type eller som grændsede til disse.

Videre skal jeg her ikke opholde mig ved Gruppens Eiendommeligheder. Studiet af den er for lidet fremskredet til, at man endnu kan tilveiebringe tilstrækkelige Holdepunkter. Saameget kan fremgaa af de ovenfor anførte Tal, sammenholdt med lignende fra andre Kanter, at

¹ Der kunde være Tale om Blanding med den blonde Brachycephal.

der er megen Overensstemmelse mellem de brunette Befolkninger i de forskjellige Dele af Landet.¹

Som før nævnt fik jeg kun Anledning til en kursorisk Undersøgelse af *Kystdistriktet* i Amtets nordlige Del, nærmest foretaget for at konstatere, om her forekom Tilfælde af den blonde brachycephale Type. I disse Distrikter bemærkedes vistnok et par blonde Individer med udpræget Brachycephali, men forøvrigt uden Særpræg af den nævnte Type. Den mørkhaarede Typus var saavel i *Aure* som paa Øerne forherskende, om kanske med mindre udpræget Eiendommelighed end i Indlandet.

Det er ikke Meningen her at foregribe de nøiere Undersøgelser om Befolkningen i Bygderne om Trondhjemsfjorden, som maaske vilde give Resultater af særlig Interesse. Paa dette Sted kan kun for *Søndre Trondhjems Amt* resumeres følgende:

1. Om det indre sydøstlige Bassin af Fjorden forekommer i forholdsvis større Udbredning en oftest blond brachycephal (meso-brachycephal) Folketype, som er væsentlig forskjellig fra den blonde norrøn-germaniske Type, og som i meget nærmer sig den paa Sydvestkysten almindelig udbredte lyse Brachycephal.

2. I de sydligere og vestligere Bygder tilhører Befolkningen mestendels den brunette Typus, som her i det hele optræder ligeartet, men for en stor Del med Tilblandinger, vel mest af den overalt mere sparsomt forekommende norrøn-germaniske Type.²

¹ Der kan af og til høres Tale om, at den mørke Befolkning nordenfjelds og især i Røroseggen er Efterkommere af i senere Tider indvandrede Tyskere, Hvor meget der kan være heri, er vanskeligt at sige. Større Indvirkning paa Befolkningen i det hele kan neppe en saadan nyere Indvandring have havt. Den brunette Befolkning synes at være gjennemgaaende typisk for store Dele af Trondhjems Stift.

² I det sydlige Nordmøre er den blonde Nordbotype hyppigere, kanske overveiende.

Til Plancherne.

Pl. I. 1¹ og 2 (Tab. No. 2 og 7). Norrøn-germaniske Dolichocephaler (2 hører ikke ind under de for Beregning af Indices benyttede Kranier, men er et usædvanlig smukt Specimen, særskilt Fund). (Text Side 5). 3² (Tab. No. 8). Brachycephalt Kranium fra Jæderen (cfr. Text Side 15).

Pl. II. 4 (Tab. No. 13). Jæderkranium. 5 og 6 (Tab. No. 14 og 15). Meso-brachycephale Kranier fra Tønsberg (Text Side 17).

Pl. III. 7 (Tab. No. 18). Meso-brachycephalt Kranium fra Oslo (Text Side 18 og 20). 8 og 9 (Tab. No. 19 og 20). Meso-brachycephale Kranier fra Trondhjem (Text Side 18).

Pl. IV. 10 (Tab. No. 30). Kranium fra Stenalderen (Text Side 13). 11³ (Tab. No. 28). Kranium fra Oslo, Ansigt lignende foregaaendes (Text Side 14). 12 (Tab. No. 34). Skraahovedtype, Kranium fra Tønsberg (Text Side 19).

Pl. V. 13 (Tab. No. 26). Skraahovedtype, Kranium fra Oslo. 14 (Tab. No. 31). Kvindeligt brachycephalt Kranium fra Gimsø, Skien (Text Side 42). 15. Kranium fra Sogn. (Tabel over Sognekranier, Text Side 45).

Cfr. forøvrigt Side 21 og flg. og Side 33 og flg.

Samtlige Figurer er tagne i $\frac{1}{3}$ naturlig Størrelse, lineært Maal.

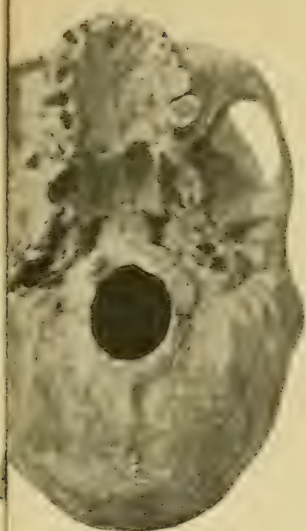
Den fotografiske Optagelse er med velvillig Tilladelse af den geografiske Opmaalings Chef Hr. Oberst m. m. *Nissen* udført i dette Instituts fotografiske Atelier. Forfatteren skylder i denne Anledning at udtale den forbindtligste Tak saavel til Hr. Obersten for den udviste Opmærksomhed som til vedkommende Sektionschef, Hr. Ingeniør *Vaumund*, for den Omhyggelighed, hvormed Arbeidet er gennemført.

¹ For afbildet i *Barth*: »Norrønaskaller«.

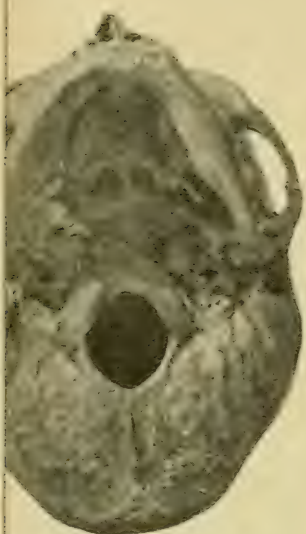
² Mindre Afbilding hos *Arbo* »Stavanger Amt«.

³ For afbildet af *Barth* l. c.

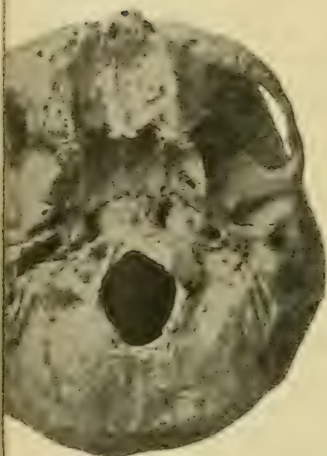
1



2



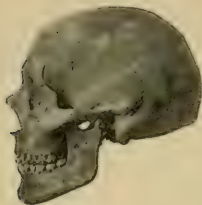
3



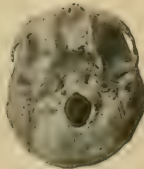
1



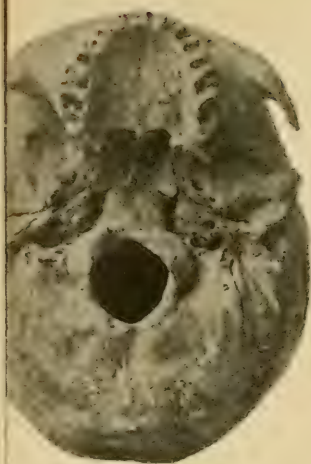
2



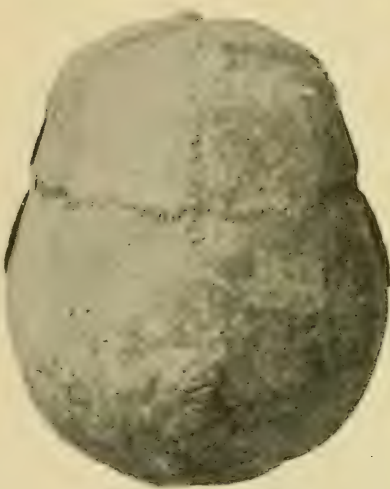
3



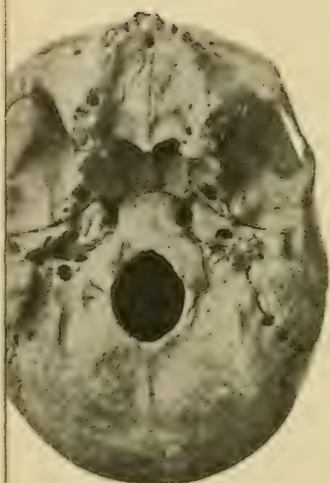
4



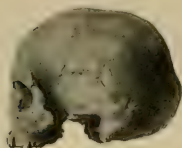
5



6



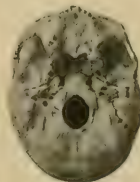
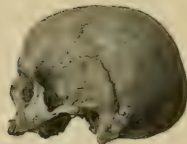
4



5



6



4 Sole (Jæderen).

5 Tonsberg.

6 Tonsberg.

7



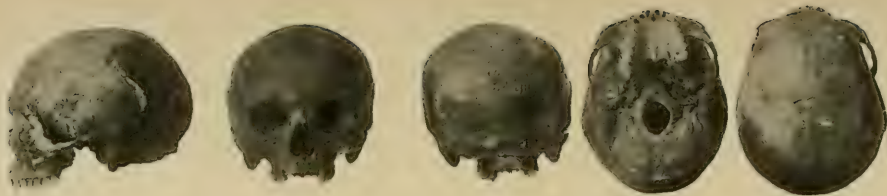
8



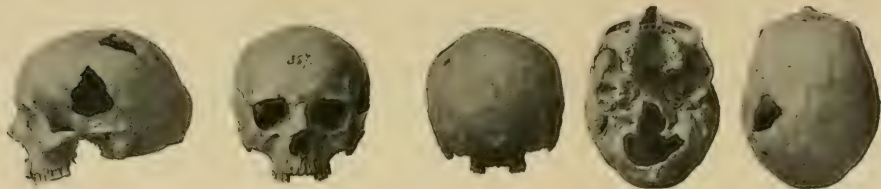
9



7



8



9



7 Oslo

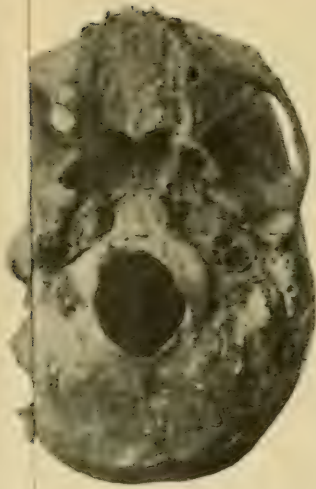
8 Thronhjelm

9 Thronhjelm

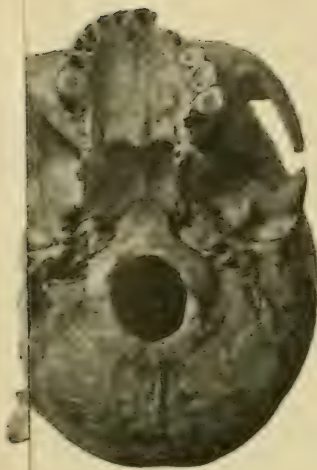
10



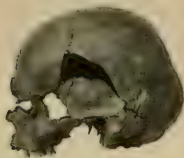
11



12



10



11



12



13



14

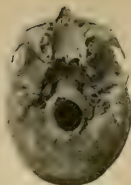
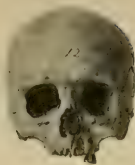


15

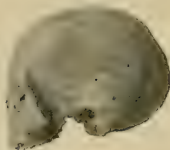


15 Sogndal (Sogn)

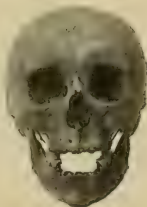
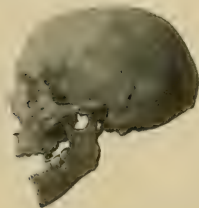
13



14



15

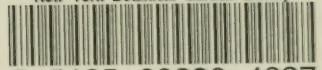


13 Oslo

14 Gimsø (Skien)

15 Sogndal (Sogo)

New York Botanical Garden Library



3 5185 00280 4837

